PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 19. | 1. Oktober 1916. Redaktionsschluß für No. 20 am 1. Oktober 1916. | 17. Jahrgang.

INHALT:

Originalmitteilungen:
A. Pockels, Zur Frage der zeitlichen Veränderung der Oberflächenspannung. S. 441.
E. Wiechert, Perihelbewegung des Merkur und die allgemeine Mechanik. S. 442.
L. Flamm, Beiträge zur Einsteinschen Gravitationstheorie. S. 448.
F. Emich, Zwei kleine Mitteilungen zu den Vorlesungen über Spektralanalyse. S. 454.
Zusammenfassende Bearbeitungen:
H. Geitel, Zur Frage nach dem Ursprunge der Niederschlagselektrizität. S. 455.
Personalien. S. 465.
Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1916/17. S. 465.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Zur Frage der zeitlichen Veränderung der Oberflächenspannung.

Von Agnes Pockels.

Wenn die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit anomal, d. i. kleiner als diejenige einer frisch erzeugten Oberfläche ist, so zeigt sich dies dadurch, daß beim Herausziehen eines benetzten Körpers (Papierstreifen, Holzstab, geglühte Blechplatte) die Oberflächenschicht nach demselben hin-, beim Wiedereintauchen dagegen von ihm fortströmt. Auf normaler Oberfläche findet eine schwächere Strömung in umgekehrtem Sinne statt[1]).

Eine Abnahme der Oberflächenspannung und infolgedessen eine anomale Oberflächenströmung kann nun bei Wasser auch durch Adsorption von Dämpfen an der Flüssigkeitsoberfläche bewirkt werden, wie folgender einfacher Versuch zeigt. Ein gut gereinigtes Glas mit eben geschliffenem Rande wird, nachdem es eine Zeitlang unter der Wasserleitung übergeflossen, soweit ausgegossen, daß die Oberfläche etwa $1^1/_2$ cm unter dem Rande steht. Dieselbe ist dann als rein zu betrachten. Dann wird ein geglühter, an einem Drahte befestigter Blechstreifen vertikal in das Wasser versenkt und, nachdem die Wasseroberfläche mit Lykopodium oder Talk bestäubt ist, das Glas einige Minuten lang mit einem mit Benzol getränkten Stück Tuch und dieses noch mit einer Glasplatte fest zugedeckt. Hierbei ist darauf zu achten, daß das Wasser nicht kälter ist als das Benzol, damit sich letzteres nicht in Form von Tröpfchen auf dem Wasser niederschlägt. Das Tuch hat in der Mitte eine kleine Öffnung zum Hindurchführen des Drahtes, der unterhalb der Glasplatte horizontal umgelegt wird.

Wird nun nach Entfernung der Glasplatte der Blechstreifen mittels des Drahtes durch die Wasseroberfläche herausgezogen, so bewegt sich beim Heben der schwimmende Staub nach ihm hin, beim Senken von ihm fort. Die Oberflächenströmung ist unter gesättigtem Benzoldampf anomal, weil die an dem herausgehobenen Körper frisch gebildeten Oberflächenstücke im ersten Augenblick eine höhere Spannung haben als die gealterte Oberflächenschicht, an welcher bereits Dampf adsorbiert ist, und letztere sich daher über die neuen Teile ausbreitet, indem sie sich an das Blech anhängt. Entfernt man hingegen auch das Tuch und bläst den Benzoldampf durch einen Luftstrom fort, so geht die Strömung wieder in die normale über.

Hieraus folgt offenbar, daß die Luft auf die Oberflächenspannung des Wassers nicht etwa ähnlich wirkt wie Benzoldampf, denn sonst dürfte es an der Grenzfläche Wasser—Luft überhaupt keine normale Oberflächenströmung geben, was doch selbst bei sehr alten Oberflächen der Fall ist, wofern sie nur vor Verunreinigung geschützt werden. Würde die Spannung der Wasseroberfläche durch Gasadsorption nur um 1 Proz. erniedrigt, so würde dies schon eine deutliche Strömung nach dem herausgezogenen benetzten Körper hin zur Folge haben.

Die Luft wird also von der Wasseroberfläche anscheinend nicht merklich adsorbiert. Wenn ihre Gegenwart auf die Oberflächenspannung des Wassers überhaupt einen meßbaren Einfluß ausübt, so kann dies nur ein solcher sein, der nicht, wie die Adsorption von Gasen, mit der Zeit zunimmt, sondern bereits im Augenblick der Entstehung eines neuen Flächenstückes ebenso groß ist wie nach längerer Berührung desselben mit der Luft.

Die von Stöckle[1]) und G. Meyer[2]) an Quecksilber gefundene Verkleinerung der Oberflächenspannung durch Gasadsorption darf daher nicht ohne weiteres auch bei Wasser vorausgesetzt werden; weisen doch auch die Veränderungen

1) A. Pockels, Ann. d. Phys. 8, 854, 1902.

1) Wied. Ann. 66, 499, 1898.
2) Wied. Ann. 66, 523, 1898.

des Randwinkels von Wassertropfen mit der Zeit auf eine besonders starke Gasadsorption an der Oberfläche von Metallen im Gegensatz zu anderen Stoffen hin[1]). Die Angaben anderer Beobachter über das Verhalten der Wasseroberfläche beim Altern unter Luft sind noch widersprechend; so hat G. Meyer[2]) sogar eine Zunahme der Spannung mit der Zeit gefunden. Der Hinweis auf die Tatsache des Fehlens der anomalen Oberflächenströmung bei übrigens reinen Oberflächen dürfte daher vielleicht geeignet sein, Licht in die Frage zu bringen.

Dieselbe Tatsache möchte ich auch der Beachtung empfehlen, wo es sich um Schlußfolgerungen betreffs des Einflusses gelöster Salze auf die Oberflächenspannung des Wassers handelt.

Nach der Theorie von Gibbs müßte, gleichviel ob ein Salz an sich die Kohäsion erhöht oder vermindert, in allen Fällen die Oberflächenschicht der Lösung nach Herstellung des Gleichgewichts eine kleinere Oberflächenspannung haben, als eine frisch aus dem Innern gebildete Oberfläche. Wäre diese Verkleinerung von merklicher Größe, so müßte sie sich durch anomale Oberflächenströmung verraten. Wenn aber das gelöste Salz keine organischen Staubteilchen oder sonstigen Beimengungen enthält und die Oberfläche der Lösung ursprünglich rein war, so kann man oft noch nach 12 Stunden normale Strömung beobachten[3]).

1) A. Pockels, diese Zeitschr. **15**, 39, 1914; Quincke, Wied. Ann. **2**, 16, 1877.
2) G. Meyer, Zeitschr. f. Elektrochem. **22**, 5, 1916.
3) A. Pockels, Ann. d. Phys. **8**, 861, 1902.

(Eingegangen 22. August 1916.)

Perihelbewegung des Merkur und die allgemeine Mechanik[1]).

Von E. Wiechert.

§ 1. Vorwort.

Auf „Prinzipien" von überraschender Kühnheit sich stützend hat A. Einstein eine Theorie der Relativität aufgebaut, „durch welche Raum und Zeit der letzten Spur objektiver Realität beraubt werden"[2]). Der „Äther" existiert schon seit langem für A. Einstein nicht mehr. Dennoch glauben gewiß viele Physiker ebenso wie ich, zu den Vorstellungsformen von Raum und Zeit sicher auch Anzeichen von entsprechenden gegenständlichen Wirklichkeiten zu erkennen, und dennoch ist von einem Mitglied (W. Nernst) ebenderselben Akademie, welcher A. Einstein angehört, in letzter Zeit eine Theorie der Materie aufgestellt worden[1]), welche — in den Einzelheiten nicht minder kühn, wie die Theorie der Relativität — gerade in dem „Äther" eine der Grundlagen des von uns gesehenen Weltgeschehens annimmt! Ich gedenke an den gewaltigen Streit der Meinungen, welcher sich in solchen Gegensätzen offenbart, heute nicht mit kritischen Bemerkungen zu rühren. Es scheint mir aber gegenüber dem auf allgemeinsten physikalischen Vorstellungen gegründeten Standpunkt, welcher von A. Einstein und den in gleicher Richtung schauenden Forschern eingenommen wird[2]), wichtig, festzustellen, welche Wege sich öffnen, wenn man von den Erscheinungen selbst ausgeht und sich jenen umwälzenden Vorstellungen, so eindrucksvoll sie für sich genommen auch sein mögen, nicht hingibt.

A. Einstein stellt sich die Aufgabe, die Gravitation dem allgemeinen Schema seiner Relativitätstheorie einzuordnen. Es ist so eine Theorie entstanden, die in bemerkenswerter Weise die Perihelbewegung des Merkur erklärt, während die einfache Newtonsche Theorie hier versagt. So frage ich nun, wie die Perihelbewegung des Merkur wohl erklärt werden kann, wenn von der „radikalsten Relativitätstheorie", wie A. Einstein seine neuen Entwickelungen nennt, ganz abgesehen wird. Die folgenden Ausführungen sind zu einigen Erwägungen über die Antwort bestimmt. Es wird sich zeigen, daß es mehrere Wege gibt, welche sich dem Forscher öffnen; darunter zeichnet sich ein Weg aus, der bei großer Einfachheit so gut mit neueren Anschauungen der Physik zusammenstimmt, daß ich die Vermutung nicht zurückdrängen möchte, er weise vielleicht, wenigstens in Einzelnem, auf die Wirklichkeit hin.

§ 2. Annahme über die Trägheit der Materie.

Das negative Resultat des Michelsonschen Versuches hat zu der Annahme geführt, daß die materiellen Atome bei der Bewegung eine

1) Nach einer ausführlicheren Darstellung in den Nachrichten der K. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, 26. Februar u. 11. März 1916.
2) A. Einstein, „Erklärung der Perihelbewegung des Merkur aus der allgemeinen Relativitätstheorie"; Sitzungsberichte der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften, math.-naturw. Klasse, Berlin 1915, S. 831—839. Das Zitat ist der ersten Seite dieser Arbeit entnommen.

1) W. Nernst, Verh. d. Deutschen Physikalischen Gesellschaft **18**, 83—116, 1916.
2) Man vergleiche vor allem: D. Hilbert, „Die Grundlagen der Physik (Erste Mitteilung)"; Nachrichten der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, math.-phys. Klasse, 20. November 1915.

bestimmte, für alle Materie gleiche Formveränderung erfahren: die „Lorentz-Kontraktion". Aus dem Verhalten der Elektronen im magnetischen und elektrischen Felde wurde geschlossen, daß auch die Elektronen der Lorentz-Kontraktion unterworfen sind, und daß ihre Trägheit durch ihr elektrodynamisches Verhalten in Verbindung mit dieser Kontraktion bedingt ist. Ist $\mathfrak{K}$ die auf das Elektron einwirkende Kraft, so hat man demgemäß als Bewegungsgleichung anzunehmen:

$$\mathfrak{K} = m \frac{d}{dt} \frac{\mathfrak{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; \tag{1}$$

es ist hier m die „Ruhemasse", $\mathfrak{v}$ der Vektor der Geschwindigkeit, v die Intensität der Geschwindigkeit, also ein Skalar von der Intensität des Vektors $\mathfrak{v}$; c bedeutet die Lichtgeschwindigkeit. Aus (1) folgen die bekannten Werte für die „träge Masse" längs und quer zur Richtung $\mathfrak{v}$; es ergibt sich aus (1) ferner für die „kinetische Energie" L die Formel:

$$L = mc^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) = \frac{1}{2} mv^2 \left(1 + \frac{3}{4} \frac{v^2}{c^2} + \cdots \right). \tag{2}$$

Wir wollen uns daran erinnern, daß die Formeln (1) und (2) keineswegs Folgerungen der Relativitätstheorie darstellen, sondern daß umgekehrt diese Formeln, welche man aus der Erfahrung erschlossen hat, zu den Grundlagen gehören, auf welche die Relativitätstheorie aufgebaut worden ist. —

Wegen des Ausfalles des Michelsonschen Versuches liegt sehr nahe, die Formeln (1) und (2) für alle Materie, also auch für die Bewegung eines Planeten um die Sonne als gültig anzunehmen. Mit dieser Möglichkeit wird weiterhin gerechnet werden.

Welches Wirkungsgesetz soll nun für die Gravitation an Stelle der Newtonschen Formel:

$$\mathfrak{K} = \varkappa \frac{Mm}{r^2} \tag{3}$$

gewählt werden, wenn auf jene etwaigen Abweichungen von der klassischen Mechanik Rücksicht genommen wird, welche durch (1) und (2) angezeigt werden? Durch Experimente wurde mit sehr weitgehender Genauigkeit festgestellt, daß bei dem Vergleich verschiedenartiger Materie Trägheit und Schwere einander proportional sind. Nun deutet die Formel (1) auf eine Abhängigkeit der Trägheit von der Bewegung hin, es muß also zunächst vermutet werden, daß auch die Schwere von der Bewegung beeinflußt werde. Aber in welcher Weise sollte das geschehen? Irdische Versuche, welche zur Antwort auf diese Frage herangezogen werden könnten, sind nicht bekannt. Zunächst könnte man meinen, daß wohl auch bei Bewegungsänderungen Schwere und Trägheit einander genau parallel gehen. Dann würde die Planetenbewegung offenbar genau so wie bei den Annahmen der klassischen Mechanik erfolgen, denn jede Änderung der Trägheit wird durch die entsprechende Änderung der Schwere wettgemacht. Eine Perihelbewegung gäbe es dann ebensowenig wie bei der klassischen Mechanik. Diese erste Annahme ist also hinfällig. Als nächste Hypothese von besonders großer Einfachheit bietet sich jedenfalls diejenige dar, welche gegenüber der klassischen Mechanik allein die Trägheit, gar nicht aber die Schwere als geändert annimmt. Dann müßte die Gleichung (3) in unveränderter Anwendung bleiben. Demgemäß wollen wir jetzt zunächst die durch (1) und (3) gekennzeichneten Hypothesen annehmen.

Es folgt aus (2) und (3) als Energiesatz die Gleichung:

$$\frac{1}{2} v^2 \left(1 + \frac{3}{4} \frac{v^2}{c^2} \right) = \frac{\varkappa M}{r} + C, \tag{4}$$

wenn bei Anwendung der Formel (2) in der Reihenentwicklung neben dem Gliede, welches die klassische Mechanik allein kennt, noch das Korrektionsglied „erster Ordnung" in v^2 berücksichtigt wird. Die Sonne nehmen wir als ruhend an, was für unsere Zwecke genügt.

Die Gleichung (4) reicht zur Feststellung der Bahnbewegung nicht aus, dazu ist noch eine zweite Gleichung erforderlich. Eine solche wird in bequemer Weise durch den Flächensatz geboten; dieser ergibt sich, wenn analytisch formuliert wird, daß der Planet unter der Einwirkung einer Kraft steht, die stets nach einem und demselben, durch die Sonne gebotenen, Raumpunkt gerichtet ist. Verwertet man (1) und benutzt Polarkoordinaten r, φ, so erhält der Flächensatz folgende Form:

$$r^2 \frac{d\varphi}{dt} = f \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}. \tag{5}$$

Links steht die doppelte Flächengeschwindigkeit, auf der rechten Seite ist f eine Konstante. Nach Minkowski wäre $dt \sqrt{1 - v^2/c^2}$ das Element der „Eigenzeit" des Planeten zu nennen; es folgt, daß der Flächensatz bei unseren Annahmen streng gilt, wenn mit der „Eigenzeit" statt mit der gewöhnlichen Zeit gerechnet wird. —

Die Energiegleichung (4) und Flächensatz (5) bestimmen die Bewegung des Planeten. Uns

kommt es hier nur darauf an, die Perihelbewegung festzustellen, das heißt, den Fortschritt des Winkels φ, der zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen durch den kleinsten Wert des Abstandes r liegt. Um ihn festzustellen, ist es nötig, die Verkettung von r und φ zu suchen, d. h. t zu eliminieren. So entsteht die Näherungsformel:

$$\left(\frac{d\frac{1}{r}}{d\varphi}\right)^2 = -\frac{1}{r^2} + \frac{2}{f^2}\left(\frac{\varkappa M}{r} + C\right) \cdot \left[1 + \frac{(4-3)}{2c^2}\left(\frac{\varkappa M}{r} + C\right)\right]. \tag{6}$$

Der Unterschied gegenüber der entsprechenden Formel der klassischen Mechanik liegt im zweiten Glied der eckigen Klammer. In der Klammer (4—3) wird der erste Teil, nämlich + 4, durch die Abweichung des Satzes (9) von dem Flächensatz der klassischen Mechanik bewirkt, und der zweite Teil, nämlich — 3, durch die entsprechende Abweichung des Energiesatzes (4).

Die Integration von (6) ergibt:

$$\frac{1}{r} = X \sin\left(\varphi\left[1 - \frac{(4-3)}{2f^2}\frac{\varkappa^2 M^2}{c^2}\right] + \varphi_0\right) + \frac{1}{r_m}, \tag{7}$$

wobei X, φ_0, r_m Konstanten sind. Bezeichnet $2\pi + D\varphi$ den Fortschritt von φ zwischen zwei aufeinanderfolgenden kleinsten Werten von r, so ist nach (7):

$$D\varphi = \frac{(4-3)\pi\varkappa^2 M^2}{f^2 c^2}. \tag{8}$$

$D\varphi$ bedeutet das Vorrücken des Perihels in der Zeit von einem Perihel zum anderen.

Unsere Theorie, soweit sie bisher entwickelt wurde, ergibt, wie (8) lehrt, wirklich eine Bewegung des Perihels und zwar, da $D\varphi$ positiv wird, eine Bewegung im Sinne des Umlaufes des Planeten, d. h. in dem beim Merkur durch die Erfahrung angezeigten Sinn. f ist nach (5) bis auf kleine Glieder höherer Ordnung die doppelte Flächengeschwindigkeit. Wird also die Umlaufszeit mit T bezeichnet, so ist bis auf kleine Glieder höherer Ordnung:

$$\frac{f}{2} = \frac{\pi a^2\sqrt{1-e^2}}{T}.$$

a bedeutet die große Halbachse, e die Exzentrizität. Wird ferner noch beachtet, daß in (8)

$$\varkappa M = \frac{4\pi^2 a^3}{T^2}$$

gesetzt werden darf, wie es der klassischen Mechanik gemäß ist, so geht (8) über in:

$$D\varphi = \frac{(4-3)\,4\pi^3 a^2}{c^2 T^2 (1-e^2)}. \tag{9}$$

Bedeutet $D_{100}\varphi''$ den Fortschritt des Perihels in 100 Jahren und bei Benutzung der Bogensekunde als Einheit, rechnet man a nach Kilometern und T nach Tagen, so wird:

$$D_{100}\varphi'' = \frac{(4-3)\,4\pi^3 a^2}{9\cdot 10^{20} T^3 (1-e^2)} \cdot \frac{10^{10}\cdot 365{,}2\cdot 100\cdot 206\,265}{(86\,400)^2}. \tag{10}$$

Für den Merkur ist:

$a = 57{,}8\cdot 10^6$ km, $T = 88{,}0$ Tage, $e = 0{,}206$;

so folgt denn für diesen Planeten:

$$D_{100}\varphi'' = 7'',1.$$

Aus den astronomischen Beobachtungen wird, wie A. Einstein a. a. O. mitteilt, auf

$$D_{100}\varphi'' = 45'' \pm 5'' \tag{11}$$

geschlossen. Unsere Theorie in der bisherigen Ausführung, welche in der Formel (1) die einzige neue Hypothese sieht, gibt also zwar den Sinn und auch die Größenordnung der Perihelbewegung richtig an, liefert aber den Wert selbst 6—7 mal zu klein!

§ 3. Annahme über das Gesetz der Anziehung.

Die Theorie ist also weiter zu verändern. Dieses vor Augen, soll beachtet werden, was im Anschluß an (6) über die Herkunft der beiden Teile in der Klammer (4—3) gesagt wurde. Wir erkennen, daß zwar die Änderung des Flächensatzes gegenüber der klassischen Mechanik den richtigen Sinn für die Perihelbewegung ergibt, daß aber die von uns angenommene Änderung des Energiesatzes für sich genommen eine Bewegung des Perihels nach der entgegengesetzten Seite zur Folge hat. In dem Energiesatz (4) war für die kinetische Energie gegenüber der klassischen Mechanik eine neue Annahme gemacht worden, während die potentielle Energie unverändert blieb. So liegt es nahe, jetzt das Augenmerk auch auf die potentielle Energie zu richten und durch eine veränderte Annahme über diese einen weiteren Fortschritt der Theorie zu versuchen. Nach der Newtonschen Theorie würde der Energiesatz lauten:

$$\frac{1}{2}v^2 = \varkappa\frac{M}{r} + C. \tag{12}$$

Diese Formel zeigt, daß:

$$\frac{v^2}{2} \text{ und } \frac{\varkappa M}{r}$$

einander entsprechende Größen sind; so wandeln wir denn im Hinblick auf die zu erstrebende Änderung in (4) nun auch die rechte Seite in ähnlicher Weise um, wie es beim Übergang von (12) in (4) mit der linken Seite geschehen ist. Wir setzen:

$$\frac{1}{2}v^2\left(1+\frac{3}{4}\frac{v^2}{c^2}\right)=\frac{\varkappa M}{r}\left(1+n\frac{\varkappa M}{c^2}\frac{1}{r}\right)+C, \tag{13}$$

wobei n als ein Zahlenfaktor aufzufassen ist, der noch zur Verfügung steht, um die Theorie der Erfahrung anzupassen. Wird (4) durch (13) ersetzt, so tritt in (6) und in den folgenden Formeln $(4-3)+2n$ an Stelle der Klammer $(4-3)$. Für den Fortschritt des Perihels bei einem Umlauf ergibt sich also jetzt der Wert:

$$D\varphi=\frac{(4-3+2n)\,4\pi^3 a^2}{c^2T^2(1-e^2)}. \tag{14}$$

Diese Formel zeigt, daß unsere nun erweiterte Theorie, welche sich auf die Hypothesen (1) und (13) stützt, in der Tat imstande ist, der Erfahrung gerecht zu werden. Wird den Beobachtungen gemäß für den Merkur (11) angenommen, so folgt mittels (14): $45''\pm5''=7'',1\,(1+2n)$, also:

$$2n=5{,}4\pm0{,}7. \tag{15}$$

§ 4. Bedeutung der Hypothese über die Anziehung.

Zwei Hypothesen wurden verwandt, um zu der Schlußformel (14) zu gelangen: Die erste Hypothese bezieht sich auf die Trägheit. Sie entspricht der Bewegungsgleichung (1) und wird durch den Ausfall des Michelsonschen Versuches in Verbindung mit der modernen Elektrodynamik sehr nahe gelegt. Die zweite Hypothese, die durch die rechte Seite von (13) geboten wird, bezieht sich auf die potentielle Energie. Bezeichnen wir diese mit V, so läßt sich die Hypothese darstellen durch:

$$V=-\frac{\varkappa mM}{r}\left(1+n\frac{\varkappa M}{c^2}\frac{1}{r}\right)+V_\infty, \tag{16}$$

wie man beim Anblick von (13) sogleich erkennen wird. V_∞ ist eine Konstante, n bedeutet eine Zahl, die nach den vorliegenden Merkurbeobachtungen in der Nähe von 2,7 liegt. Was besagt nun (16)? Für die Anziehung der beiden Massen m und M ergibt (16):

$$K=\frac{\varkappa mM}{r^2}\left(1+2n\frac{\varkappa M}{c^2}\frac{1}{r}\right). \tag{17}$$

Wir sehen, daß zu der von Newton beobachteten Anziehung noch eine andere hinzugekommen ist, welche sich umgekehrt proportional mit r^3 ändert. Bei aller Einfachheit dieser Hypothese und trotz des Erfolges, den sie uns bot, muß sie doch zunächst willkürlich erscheinen. Da ist es von Wert, daß es einen Weg gibt, der von neueren Anschauungen der Physik so direkt zu den Formeln (16) und (17) führt, daß diese erheblich an Wahrscheinlichkeit gewinnen. Ich erinnere an Wohlbekanntes. Erstens: Es ist möglich, in ganz ähnlicher Weise wie in der Elektrostatik die Wechselwirkung der Massen auch bei der Schwere durch Annahme einer Feldenergie zu erklären. Man kann dabei für diese eine Dichte

$$\varepsilon=-\frac{1}{8\pi\varkappa}g^2 \tag{18}$$

annehmen, wenn g die „Fallbeschleunigung" bedeutet. Bei dem gewöhnlichen Ausbau der Theorie wäre g gemäß dem Newtonschen Gravitationsgesetz zu berechnen. Im Falle der Elektrizität steht in der Formel, welcher (18) entspricht, rechts ein positives Vorzeichen, hier, im Falle der Schwere, muß ein negatives Vorzeichen gewählt werden, weil gleichnamige Teilchen einander anziehen, nicht aber, wie bei Elektrizität, abstoßen. Eine negative Dichte der Energie im Felde erscheint als etwas Unsinniges, sobald man sich auf den Standpunkt stellt, daß das Feld, abgesehen von der Energie unserer Formeln, „leer" ist, wie es A. Einstein voraussetzt. Eine negative Dichte der Energie ist aber ein durchaus sinnvoller Begriff, wenn man einen „Äther" annimmt, denn es erscheint dann selbstverständlich, daß der Äther auch im unerregten Zustande schon eine Fülle von Energie enthält und also Energie abgeben kann. Diesen Gedanken habe ich selbst 1894 näher ausgeführt[1]) und er spielt auch in jener im Vorwort erwähnten Theorie der physikalischen Erscheinungen eine große Rolle, welche W. Nernst neuerdings verfolgt. In unserem Falle wäre bei Benutzung des Newtonschen Gesetzes wegen des Zentralkörpers eine Energiedichte im Betrage

$$\varepsilon=-\frac{\varkappa}{8\pi}\frac{M^2}{r^4} \tag{19}$$

anzunehmen. — Zweitens: Das elektrodynamische Verhalten des Elektrons führt zu der Vorstellung, daß mit elektrodynamischer Energie „Trägheit" verbunden ist. Die träge „Ruhemasse" erscheint von derselben Größenordnung wie E/c^2, wenn E die elektrodynamische Energie bei Ruhe bedeutet. So liegt es nahe, zu ver-

1) E. Wiechert, „Über die Bedeutung des Weltäthers"; Sitzungsberichte der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg i. Pr., 35. Jahrg., 1894. Seite [4]—[11].

nuten, daß im allgemeinen Energiesammlung und Trägheit in Beziehung miteinander stehen. Diese Hypothese ist ja in der neueren Theorie der Relativität weitgehend verwertet worden. Wir wollen nun eine ähnliche Vorstellung benutzen, indem wir annehmen, daß die im Schwerefeld verteilte, durch (18) angezeigte, negative Energie gerade so wirkt, als ob dort eine schwere, d. h. in den Fernwirkungen der Gravitation sich äußernde Masse vorhanden wäre. Soll nun diese Masse positiv oder negativ in Rechnung gesetzt werden? Man könnte zunächst zweifelhaft sein, aber es scheint doch dem negativen Vorzeichen der Energie weit mehr angepaßt, ein negatives Vorzeichen vorauszusetzen. Wir schreiben demgemäß für die Dichte der scheinbaren schweren Masse, welche der Gravitationsenergie des Feldes entspricht:

$$\mu = + \frac{p}{c^2}\varepsilon = -\frac{1}{8\pi\varkappa}\frac{p}{c^2}g^2, \qquad (20)$$

wobei p eine gewisse Konstante bedeutet, für welche wir ein positives Vorzeichen erwarten. Dann erhalten wir für das Feld in der Umgebung eines Zentralkörpers (M), wenn (19) benutzt wird, also nur die Fernwirkung des Zentralkörpers selbst berücksichtigt wird, was für unsere Näherungsrechnung erlaubt ist:

$$\mu = -\frac{p\varkappa}{8\pi c^2}\frac{M^2}{r^4}. \qquad (21)$$

Die hierdurch angezeigte schwere Masse wäre also in der Umgebung des Zentralkörpers anzunehmen. Für die zugehörige schwere Masse innerhalb der Kugelfläche mit dem Radius r, welche mit m' bezeichnet werden soll, ergibt sich nach (21):

$$m' = -\psi' + \frac{p\varkappa M^2}{2c^2}\frac{}{r} \qquad (22)$$

wobei ψ' eine Konstante von der Größenordnung $p\varkappa M^2/2c^2\bar{r}$ ist, wenn $\bar{r}$ den Radius des Zentralkörpers bedeutet. Für die Intensität g der Schwere wäre danach in der Umgebung der Sonne die folgende Näherungsformel anzusetzen:

$$g = \varkappa\frac{M - \psi' + \dfrac{p\varkappa M^2}{2c^2 r}}{r^2}. \qquad (23)$$

Unseren Annahmen entspricht es, m' gegenüber M als eine kleine Korrektur zu betrachten, es darf also statt (23) mit gleicher Genauigkeit auch geschrieben werden:

$$g = \varkappa\frac{M'}{r^2}\left(1 + \frac{p}{2c^2}\frac{\varkappa M'}{r}\right), \qquad (24)$$

wobei

$$M' = M - \psi' \qquad (25)$$

ist. In sehr großen Entfernungen verschwindet der Einfluß des zweiten Gliedes in der Klammer auf der rechten Seite von (24), M' bedeutet also die schwere Masse, welche der Zentralkörper nach seiner Wirksamkeit in sehr großen Entfernungen scheinbar besitzt. Die Intensität K der Kraft, unter deren Einwirkung ein Planet sich um den Zentralkörper bewegt, die scheinbare Anziehung durch den Zentralkörper also, ist gemäß (24) gegeben durch:

$$K = mg = \varkappa\frac{mM'}{r^2}\left(1 + \frac{p}{2c^2}\frac{\varkappa M'}{r}\right). \qquad (26)$$

Dies ist praktisch dieselbe Formel, welche in § 3 zur Erklärung der Perihelbewegung des Merkur angenommen wurde, denn der Unterschied zwischen (26) und der früheren Formel (17) besteht nur darin, daß M und M' vertauscht erscheinen, und kommt nicht merklich in Betracht. Der Vergleich von (17) und (26) zeigt, daß

$$p = 4n \qquad (27)$$

zu setzen ist.

Aus dem durch (11) dargestellten Beobachtungsergebnis für den Merkur folgt

$$p = 10{,}7 \pm 1{,}4. \qquad (28)$$

Für p ergibt sich also aus der Erfahrung wirklich ein positiver Wert, wie wir es aus theoretischen Gründen erwarteten.

§ 5. Schlußbemerkungen.

Das Ergebnis unserer bisherigen Untersuchungen ist folgendes:

1. Die Änderung der Trägheit infolge der Bewegung, welche den bekannten Schlüssen der neueren Elektrodynamik entspricht und durch die Formel (1) dargestellt wird, genügt zur Erklärung der Perihelbewegung des Merkur nicht.

2. Die Perihelbewegung läßt sich aber in vollem Betrage erklären, wenn man noch hinzunimmt eine Änderung der Gravitation gegenüber der klassischen Mechanik, welche der Annahme einer scheinbaren negativen schweren Masse im Gravitationsfeld entspricht, deren Dichte durch (20) angegeben wird.

3. Die beiden so gekennzeichneten Hypothesen über Trägheit und Gravitation zusammen mit dem durch (11) dargestellten Beobachtungsergebnis führen zu der Folgerung $p = 10{,}7 \pm 1{,}4$. —

An diese bisherigen Schlüsse wollen wir nun sogleich die Bemerkung knüpfen, daß die Hypothese über die Trägheit für die hier entwickelte Theorie ohne wesentliche praktische Bedeutung ist. In der Tat, wenn man sie ganz beiseite läßt, wenn man also nur die Änderung der

Gravitation gemäß der Annahme der negativen schweren Masse (20) verwertet, so folgt für die Perihelbewegung:

$$D\varphi = p\,\frac{4\pi^3 a^2}{2c^2 T^2 (1-e^2)}. \qquad (29)$$

Es läßt sich also dem Beobachtungsergebnis (11) auch dann Genüge leisten: man muß setzen

$$p = 12{,}7 \pm 1{,}4, \qquad (30)$$

also einen Wert annehmen, der sich von dem früher gefundenen (28) nur wenig unterscheidet. (29) und (30) entsprechen auch der in § 2 behandelten Vorstellung, nach der ein Einfluß der Bewegung auf die Trägheit zwar vorhanden ist, aber durch einen entsprechenden Einfluß auf die Schwere wett gemacht wird.

Die Zahlwerte (28) und (30) legen die Annahme

$$p = 4\pi, \quad n = \pi \qquad (31)$$

einigermaßen nahe. Wollte man sie wirklich machen, so würde sich für die Dichte μ der scheinbaren negativen schweren Masse im materiefreien Feld nach (20) ergeben:

$$\mu = -\frac{1}{2c^2\varkappa}\mathfrak{g}^2. \qquad (32)$$

Als zugehörige Feldgleichungen der Schwerkraft wären für die Statik anzunehmen:

$$\mathfrak{g} = -\operatorname{grad}\Phi, \quad \operatorname{div}\mathfrak{g} = 4\pi\cdot\frac{1}{2c^2\varkappa}\mathfrak{g}^2. \qquad (33)$$

$\mathfrak{g}$ bedeutet den Vektor der Fallbeschleunigung. Für die scheinbare Anziehung der Sonne ergäbe sich die Näherungsformel:

$$K = \varkappa\frac{mM'}{r^2}\left(1 + \frac{2\pi}{c^2}\frac{\varkappa M'}{r}\right). \qquad (34)$$

Die durch (32), bzw. (33), dargestellte Hypothese wäre für sich allein genommen völlig ausreichend, die Perihelbewegung des Merkur zu erklären, denn sie ergibt nach (29) für den Fortschritt des Perihels in 100 Jahren:

$$D_{100}\varphi'' = 2\pi\cdot 7{,}1 = 45'' \qquad (35)$$

gegenüber dem Beobachtungswert $43'' \pm 5''$. Wollte man außer der Hypothese (32) noch die durch die Elektrodynamik nahe gelegte Änderung der Trägheit voraussetzen, wie sie durch die Formel (1) angezeigt wird, und wollte man weiter annehmen, daß diese Änderung nicht durch eine Änderung der Schwerewirkung wettgemacht wird, so ergäbe sich nach (14):

$$D_{100}\varphi'' = (2\pi + 1)\cdot 7{,}1 = 52'', \qquad (36)$$

was mit den Beobachtungen wohl auch noch verträglich wäre, aber etwas weniger gut zusammenstimmt. —

Für den Vergleich der hier gegebenen Theorie mit anderweitigen Untersuchungen über die Schwerkraft ist es beachtenswert, daß unsere Grundformel (17) für die Kraftwirkung der Gravitation wohl auch durch andere Annahmen verständlich gemacht werden kann, als durch die hier bevorzugte Hypothese der negativen schweren Masse im Schwerefeld. So läßt sich z. B. (17) auch schreiben in der Form:

$$\mathfrak{K} = m\left(1 - \frac{p}{2c^2}\Phi\right)\mathfrak{g}. \qquad (37)$$

Hieran könnte man die Vorstellung knüpfen, daß der Antrieb $\mathfrak{K}$, den eine Masse m im Schwerefeld $\mathfrak{g}$ erfährt, nicht durch m, sondern durch

$$m\left(1 - \frac{p}{2c^2}\Phi\right)$$

bestimmt wird, daß so der Antrieb $\mathfrak{K}$ außer von $\mathfrak{g}$ und m auch vom Schwerepotential Φ an der betreffenden Stelle abhängt. Ferner könnte man ähnliche Überlegungen, wie sie hier an die schwere Masse angeschlossen wurden, statt dessen an die träge Masse anschließen, indem man für diese eine Abhängigkeit vom Schwerfeld annimmt. —

Besondere Aufmerksamkeit verlangt der Vergleich der hier gegebenen Theorie mit der von Einstein. Einstein[1]) leitet für die Planetenbewegung die Formel ab:

$$\frac{d\frac{1}{r}}{d\varphi} = -\frac{1}{r^2} + P\frac{1}{r} + Q + \alpha\frac{1}{r^3}. \qquad (38)$$

Der Unterschied gegenüber der entsprechenden Formel der klassischen Mechanik wird durch das Glied α/r^3 rechts gegeben. α ist eine Konstante, welche in der Einsteinschen Theorie eine grundlegende Rolle spielt; nach unserer Bezeichnungsweise stellt sie $\varkappa M/c^2$ dar. Vergleicht man (38) mit (6), so erkennt man leicht den tiefgreifenden Unterschied der Theorien, denn in der Formel (6) wird der für die Perihelbewegung entscheidende Unterschied gegenüber der klassischen Mechanik durch ein Glied von der Form β/r^2 gegeben, wobei β eine Konstante ist. Der auf die Formel (6) folgende weitere Ausbau der Theorie ändert nur den Wert von β, nicht die Form der Gleichung. Der Unterschied der Theorien tritt besonders eindrucksvoll hervor, wenn man die Näherungsformeln vergleicht, welche in den beiden Theorien den Satz der lebendigen Kraft in sich schließen. Die Näherungsformel der vorliegenden Theorie wird durch (13) gegeben. Nach Einstein da-

1) a. a. O., S. 837.

gegen lautet die entsprechende Formel, wenn unsere Bezeichnungsweise verwertet wird:

$$\frac{1}{2} v^2 \left(1 + \frac{v^2}{c^2}\right) = \frac{\varkappa M}{r} \left(1 + \frac{f^2}{c^2} \frac{1}{r^2}\right) + C. \quad (39)$$

f bedeutet die doppelte Flächengeschwindigkeit, es kann daher hier für f^2/r^2 auch geschrieben werden $\mathfrak{v}^2_\varphi$, wenn $\mathfrak{v}_\varphi$ die Komponente der Geschwindigkeit des Planeten senkrecht zum Radiusvektor $\mathfrak{r}$ bezeichnet. (39) geht dann über in:

$$\frac{1}{2} v^2 \left(1 + \frac{v^2}{c^2}\right) + \frac{\varkappa M}{r} \left(1 + \frac{\mathfrak{v}^2_\varphi}{c^2}\right) + C. \quad (40)$$

Das hier auf der rechten Seite auftretende Glied $\mathfrak{v}^2_\varphi/c^2$ ist der in den Paragraphen 2 und 3 entwickelten Theorie fremd. In der Einsteinschen Darstellung wird also der Weg zum Ausbau der Theorie, wenn man ihn von der Erfahrung aus betrachtet, offenbar in einer anderen Richtung gesucht, als in der hier gegebenen Darstellung. Trotz dieser Verschiedenheit der Wege, führt auch die Einsteinsche Theorie zu einer guten Darstellung der Erfahrung, denn sie liefert für die Perihelbewegung die Formel:

$$D\varphi = 6 \frac{4\pi^3 a^2}{c^2 T^2 (1 - e^2)}, \quad (41)$$

woraus folgt: $D_{100}\varphi'' = 6 \times 7'',1 = 43''$.

Es ist nach den Erwägungen dieses Schlußparagraphens klar, daß für den Versuch, die beobachtete Perihelbewegung des Merkur zu erklären, heute noch viele Wege offen stehen. Die Theorien, zu welchen M. Abraham[1]), G. Mie[2]) und Gunnar Nordström[3]) neuerdings geführt wurden, scheinen freilich hierzu nicht geeignet, denn sie ergeben entgegen der Erfahrung eine rückläufige Bewegung des Perihels.

1) M. Abraham, diese Zeitschr. **13**, 793—797, 1912.
2) G. Mie, Ann. d. Phys. **40**, 41, 1913.
3) Gunnar Nordström, Ann. d. Phys. **43**, 1101—1110, 1914.

(Eingegangen 24. August 1916.)

Beiträge zur Einsteinschen Gravitationstheorie.

Von Ludwig Flamm.

A. Einstein hat durch die zusammenfassende Darstellung, welche er vor einiger Zeit gab[1]), das Verständnis für seine neue Gravitationstheorie wesentlich gefördert. Klärend haben auch die allgemeinverständlichen Darstellungen gewirkt, wie sie M. Born[1]) und E. Freundlich[2]) gaben. Besonders lehrreich sind aber die exakten Lösungen für Gravitationsfelder von Kugelsymmetrie, welche K. Schwarzschild[3]) fand und diskutierte. Daran möchte der Verfasser in den vorliegenden Zeilen noch weitere Folgerungen knüpfen. Vor allem sollen die merkwürdigen Eigenschaften des Gravitationsfeldes recht anschaulich gemacht werden. Auf diese Weise dürften die physikalischen Voraussetzungen der allgemeinen Relativitätstheorie vielleicht noch besser vor Augen treten. Auch die Behandlung der Lichtbewegung im Gravitationsfelde läßt sich exakter als bisher ausführen. Eine strenge numerische Berechnung der auf das Gravitationsfeld der Sonne bezüglichen Konstanten mag vielleicht gleichfalls erwünscht sein.

1) Die Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie, Ann. d. Phys. **49**, 769, 1916. Gesondert erschienen bei Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1916.

§ 1. Es empfiehlt sich zunächst den von Schwarzschild später behandelten Fall, das Gravitationsfeld im Innern einer Kugel aus inkompressibler Flüssigkeit, der Betrachtung zu unterziehen. Das Vorhandensein des Gravitationsfeldes kommt dadurch zum Ausdruck, daß das Minkowskische Linienelement sich nicht mehr auf die spezielle Gestalt

$$ds^2 = dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$$

durch passende Koordinatenwahl reduzieren läßt. Es lautet vielmehr jetzt im einfachsten Falle

$$ds^2 = \left(\frac{3\cos\chi_a - \cos\chi}{2}\right)^2 dt^2 -$$

$$- \frac{3}{\varkappa \varrho_0} (d\chi^2 + \sin^2\chi\, d\vartheta^2 + \sin^2\chi \sin^2\vartheta\, d\varphi^2),$$

indem die Koordinaten bereits in besonders geschickter Weise gewählt worden sind. Es ist χ eine vom Zentrum der Flüssigkeitskugel in radialer Richtung wachsende Koordinate, die an der Begrenzungsfläche den Wert χ_a erreicht, ϑ und φ sind die gewöhnlichen Kugelkoordinaten. Die Konstante ϱ_0 bedeutet die Dichte der Flüssigkeitskugel und $\varkappa$ die Gravitationskonstante der Einsteinschen Theorie, welche den Wert

$$\varkappa = \frac{8\pi k^2}{c^2}$$

hat, wobei k^2 die gewöhnliche Gravitationskonstante

$$k^2 = 6{,}68 \cdot 10^{-8}\ \mathrm{cm^3\, g^{-1}\, sec^{-2}}$$

und c die Lichtgeschwindigkeit bedeutet.

Es ist praktisch, für das Linienelement zu schreiben

1) Diese Zeitschr. **17**, 51, 1916.
2) Naturwissenschaften **4**, 363 und 386, 1916. Gesondert erschienen bei Julius Springer, Berlin 1916.
3) Berliner Sitzungsberichte 1916, S. 189 und 424.

$$ds^2 = d\tau^2 - d\sigma^2, \qquad (1)$$

es also in einen zeitlichen Teil

$$d\tau = \frac{3\cos\chi_a - \cos\chi}{2}\, dt$$

und den räumlichen Teil

$$d\sigma^2 = R_0^2 (d\chi^2 + \sin^2\chi\, d\vartheta^2 + \sin^2\chi \sin^2\vartheta\, d\varphi^2)$$

zu zerlegen. Dabei wurde die neue Konstante

$$R_0 = \sqrt{\frac{3}{\varkappa \varrho_0}}$$

eingeführt. Wie Schwarzschild bemerkt, stellt der obige Ausdruck für $d\sigma^2$ nichts anderes als das Linienelement im sphärischen Raum vom Krümmungsradius R_0 dar; eine derartige Geometrie muß also im Innern der Flüssigkeitskugel herrschen.

Um die Verhältnisse zu übersehen, genügt es wegen der Kugelsymmetrie, die Geometrie zu betrachten, welche in irgendeinem ebenen Schnitt durch das Zentrum, also für $\vartheta = \frac{\pi}{2}$, vorhanden ist. Das Linienelement lautet in diesem Falle

$$d\sigma_e^2 = R_0^2 (d\chi^2 + \sin^2\chi\, d\varphi^2). \qquad (2)$$

Man sieht, daß dies dieselben Maßverhältnisse sind wie auf einer Kugelfläche vom Radius R_0. Man denke sich dieselbe nach Fig. 1 durch

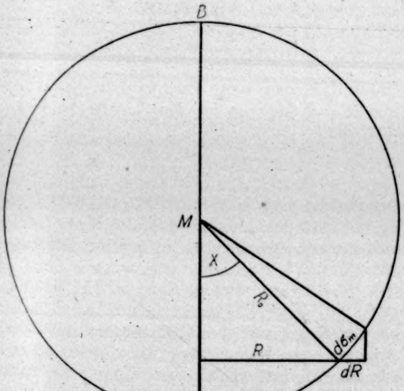

Fig. 1.

Rotation des Kreises um den vertikalen Durchmesser AB erzeugt. Das meridionale Bogenelement ist dann

$$d\sigma_m = R_0\, d\chi,$$

wenn R_0 der Radius des Meridiankreises ist, das Bogenelement auf den Parallelkreisen

$$d\sigma_n = R \cdot d\varphi,$$

wenn φ den Drehungswinkel und

$$R = R_0 \sin\chi$$

den Abstand von der Rotationsachse bezeichnet. Das Linienelement auf dieser Kugelfläche ist also gleichfalls durch die Formel (2) gegeben.

Ein auffälliger Unterschied der Geometrie auf der Kugelfläche gegenüber der euklidischen Geometrie besteht beispielsweise darin, daß die Umfänge konzentrischer Kreise

$$U = 2\pi R$$

nicht proportional dem Radius σ_m anwachsen, sondern aus diesem vielmehr durch die komplizierte Formel

$$U = 2\pi R_0 \sin\frac{\sigma_m}{R_0}$$

erhalten werden. Der Umfang erreicht somit ein Maximum für

$$\sigma_m = \frac{\pi}{2} R_0,$$

um weiterhin wieder abzunehmen und für

$$\sigma_m = \pi R_0$$

ganz auf Null zusammenzuschrumpfen. Es ist

$$dU = 2\pi d\sigma_m \cdot \cos\chi, \qquad (3)$$

somit

$$dU \leqq 2\pi d\sigma_m,$$

während in der euklidischen Geometrie nur das Gleichheitszeichen gilt. Genau die gleichen Beziehungen müssen innerhalb der Flüssigkeitskugel in jeder zentralen Schnittebene für Umfang und Radius der Kreise gelten.

Zum besseren Verständnis des Folgenden soll noch eine kleine Umformung vorgenommen werden. Wegen

$$\frac{dU}{2\pi} = dR$$

läßt sich die Gleichung (3) auch in der Form schreiben

$$dR = d\sigma_m \cdot \cos\chi$$

und sich in dieser Gestalt auch direkt aus Fig. 1 ablesen, da χ auch gleichzeitig den Winkel zwischen dem Bogenelement und der Horizontalen darstellt. Man kann somit der Formel (2) auch die Gestalt geben

$$d\sigma_e^2 = \frac{dR^2}{\cos^2\chi} + R^2 d\varphi^2. \qquad (2')$$

Es ist dies aber dann ganz allgemein der Ausdruck für das Linienelement auf einer Rotationsfläche, wobei χ den Winkel bedeutet, den die Tangente der Meridiankurve, die ganz beliebig sein kann, jeweils mit der Äquatorebene einschließt.

§ 2. Nun können wir auch den von Schwarzschild zuerst behandelten Fall, das

Gravitationsfeld eines Massenpunktes, einer analogen Betrachtung unterziehen. Das Linienelement in seiner einfachsten Form ist von gleichem Bau wie oben und lautet

$$ds^2 = \left(1 - \frac{\alpha}{R}\right)dt^2 - \frac{dR^2}{1 - \frac{\alpha}{R}} - R^2(d\vartheta^2 + \sin^2\vartheta d\varphi^2).$$

Eine Größe tritt ganz neu auf in diesem Ausdruck, die Konstante α, und hat den Wert

$$\alpha = \frac{2k^2 M_0}{c^2},$$

worin M_0 die Zentralmasse bedeutet, wie sie sich aus astronomischen Messungen ergeben würde. Man wird das Linienelement wieder nach Formel (1) zerlegen.

Der räumliche Anteil des Linienelementes ist auch hier nichteuklidischer Natur. Die Kugelsymmetrie läßt es wieder genügend erscheinen, sich auf die Betrachtung der Maßverhältnisse in einer beliebigen zentralen Schnittebene, also auf $\vartheta = \frac{\pi}{2}$, zu beschränken. Man erhält jetzt

$$d\sigma_e^2 = \frac{dR^2}{1 - \frac{\alpha}{R}} + R^2 d\varphi^2. \tag{4}$$

Auch dieses Linienelement ist von der Gestalt (2'), weil man

$$\cos^2\chi = 1 - \frac{\alpha}{R}$$

setzen kann, und ist also gleichfalls identisch mit dem Linienelement auf einer Rotationsfläche. Bezeichnet man mit z die Koordinate in der Richtung der Rotationsachse, so ergibt sich die Gleichung der Meridiankurve aus

$$\frac{dz}{dR} = \operatorname{tg}\chi = \sqrt{\frac{\alpha}{R - \alpha}}$$

zu

$$z^2 = 4\alpha(R - \alpha).$$

Dadurch ist eine Parabel vom Parameter

$$p = 2\alpha$$

gegeben, deren Gleichung auf Achse und Leitlinie als Koordinatenkreuz bezogen ist, wie man es in Fig. 2 sieht. Der Ausdruck (4) ist somit identisch mit dem Linienelement auf jener Fläche, welche durch Rotation dieser Parabel um die Leitlinie ZZ' erzeugt wird.

Der meridionale Hauptkrümmungsradius dieser Rotationsfläche ist

$$\varrho_m = \frac{d\sigma_m}{d\chi} = -\frac{2R}{\sin\chi}.$$

Der Hauptkrümmungsradius senkrecht dazu ist durch die Strecke $\overline{MP}$ in der Fig. 2 gegeben und hat den Wert

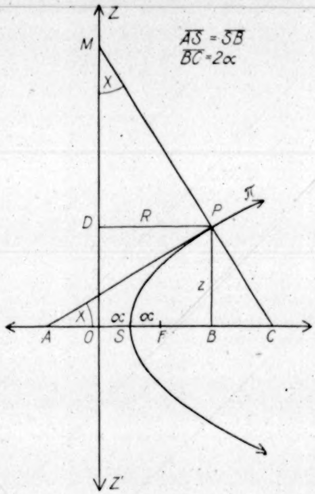

Fig. 2.

$$\varrho_n = \frac{R}{\sin\chi}.$$

Man findet also für das Gaußsche Krümmungsmaß dieses Rotationsparaboloides

$$K = \frac{1}{\varrho_m \varrho_n} = -\frac{\alpha}{2R^3}.$$

Für die im vorigen Paragraphen betrachtete Kugelfläche dagegen ist das Gaußsche Krümmungsmaß

$$K = \frac{1}{R_0^2},$$

also positiv und konstant. Für das hier vorliegende Rotationsparaboloid ist das Krümmungsmaß negativ und variabel; es nimmt dem absoluten Betrage nach ab mit wachsendem R. Und gerade aus diesem Grunde ist die Geometrie auf jener Fläche noch weit verwickelter. Auf der Kugel war die Abhängigkeit des Kreisumfanges vom Radius zwar nicht mehr so einfach als in der euklidischen Geometrie, aber einheitlich auf der ganzen Fläche. Bei dem jetzt vorliegenden Rotationsparaboloid ist sie außerdem noch abhängig von der Lage der Kreise auf der Fläche. Genau so beschaffen sind also die geometrischen Verhältnisse in irgendeiner Schnittebene durch das Massenzentrum.

§ 3. Der Massenpunkt selbst, welcher das Gravitationsfeld erzeugt, ist am Scheitel S der Meridianparabel zu suchen. Die Rotationsfläche des einen Parabelastes $S\pi$, wie in Fig. 3 zu sehen ist, bildet bereits die ganze zentrale Schnitt-

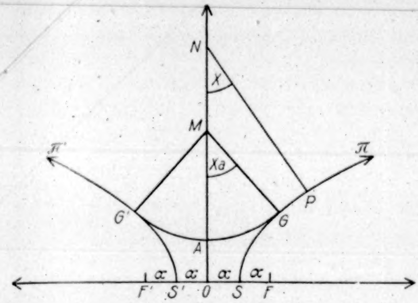

Fig. 3.

ebene eindeutig ab, und zwar unter Erhaltung der Maßverhältnisse. Die Merkwürdigkeit, daß der Massenpunkt einen endlichen Umfang besitzt, einen Äquator von der Länge $2\pi\alpha$, wie Schwarzschild bereits betont hat, kommt durch die Zeichnung deutlich zum Ausdruck.

Auch für den Außenraum der Flüssigkeitskugel, wie sie im ersten Paragraphen betrachtet wurde, ist das Linienelement das gleiche wie bei Vorhandensein eines zentralen Massenpunktes. Der Zusammenhang zwischen dem Linienelement im Innern der Flüssigkeitskugel und im Außenraum ist durch Grenzbedingungen gegeben, die einfach darin bestehen, daß an der Grenzfläche die Koeffizienten der beiderseitigen Linienelemente nebst ihren ersten Ableitungen den gleichen Wert haben.

Für unsere Darstellung der Maßverhältnisse in einer zentralen Schnittebene folgt daraus, daß die Kugel, welche die Geometrie im Innern der Flüssigkeit darstellt, das Rotationsparaboloid, welches für den Außenraum gilt, berühren muß. In Fig. 3 ist dies durch den Kreisbogen GAG' angedeutet, welcher die beiden Schnittparabeln berührt. Die Rotationsfläche der zusammengesetzten Kurve $AG\pi$ bildet jetzt die ganze zentrale Schnittebene unter Erhaltung der Maßverhältnisse eindeutig ab. Der Winkel χ, welcher auf dem Kugelsegment bis zum maximalen Betrage χ_a an der Grenzfläche anwächst, nimmt auf dem anschließenden Teil des Rotationsparaboloides allmählich wieder auf Null ab. Das Ganze könnte als eine Art Trichterfläche bezeichnet werden.

§ 4. Es erleiden somit die Dimensionen der Elementarmaßstäbe, die durch $d\sigma$ repräsentiert werden, im Gravitationsfeld derartige Einflüsse, daß mit ihnen gemessen, man nennt dies die „natürliche Raummessung", im allgemeinen keine euklidische Geometrie herauskommt. Ganz Analoges gilt von der Zeitmessung durch elementare Uhren, der sogenannten „natürlichen Zeitmessung", welche durch $d\tau$ repräsentiert ist. Es ist im allgemeinen nicht mehr wie in der Minkowskischen Welt $d\tau$ mit dt einfach identifizierbar, sondern vielmehr der Zusammenhang ein verwickelter. Die Lichtgeschwindigkeit ist aber wie in der Minkowskischen Welt durch die Gleichung

$$d^2 s = 0$$

gegeben. Man findet daraus

$$\frac{d\sigma}{d\tau} = 1;$$

die natürlich gemessene Lichtgeschwindigkeit ist somit eine Konstante, und zwar pflegen die Maßeinheiten von vornherein so gewählt zu werden, daß diese Konstante den Wert 1 hat. In diesem Sinne gilt also auch in der allgemeinen Relativitätstheorie der Satz von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit.

Es ist von Wichtigkeit, die Bedeutung des eben abgeleiteten Satzes näher ins Auge zu fassen. In den Koordinaten ausgedrückt, welche als passend gewählte Parameter bloß den Formeln des Gravitationsfeldes zugrunde gelegt sind, ist die Lichtgeschwindigkeit keineswegs konstant, ja sie besitzt nach verschiedenen Richtungen sogar am gleichen Orte ungleiche Werte. Aber mit materiellen Maßstäben und Uhren gemessen erscheint die Lichtausbreitung auch im Gravitationsfelde homogen und isotrop. Wählt man als Elementaruhr das die rote Kadmiumlinie aussendende Molekül und setzt deren Schwingungsdauer als Zeiteinheit fest, so erkennt man ohne weiteres, daß sich wegen jener Konstanz der Lichtgeschwindigkeit die metrische Längeneinheit an allen Orten und zu allen Zeiten mit der gleichen Zahl von Wellenlängen der roten Kadmiumlinie decken muß. Legt man als Elementarmaßstab noch die Gitterdistanz des Steinsalzkristalls fest, so kommt man in Hinblick auf die Konstanz der „natürlich gemessenen" Lichtgeschwindigkeit auch hier zum gleichen Schluß. Der allgemeinen Relativitätstheorie liegt also die fundamentale Voraussetzung zugrunde, daß zum Beispiel das Verhältnis der Wellenlänge der roten Kadmiumlinie zur Gitterkonstante des Steinsalzkristalls eine absolute Konstante ist. Sie muß auch in beliebigem Gravitationsfelde vollkommen unabhängig sein vom Ort, von der Orientierung und dem Zeitpunkt.

Erleiden also die elementaren Maßstäbe und Uhren Beeinflussungen durch das Gravitationsfeld, so muß die Lichtausbreitung genau die gleiche Beeinflussung erfahren, so daß beide miteinander verglichen, keinen Unterschied aufweisen. Das gleiche muß auch für alle andern

physikalischen Erscheinungen gelten. Daher kommt es wohl, daß man die Punktbewegung zum Beispiel durch die einfache Variationsgleichung

$$\delta \int_{P_1}^{P_2} ds = 0 \tag{5}$$

beschreiben kann, trotzdem der Ausdruck bloß auf die Maßverhältnisse bezügliche Größen enthält. Der Einfluß des Gravitationsfeldes auf die Punktbewegung geht eben ganz parallel der Veränderung, welche die elementaren Maßstäbe und Uhren zeigen; relativ zueinander ist das Verhalten der Erscheinungen ganz das gleiche geblieben. So kann man etwa dem allgemeinen Relativitätsprinzip eine anschaulichere Formulierung geben.

§ 5. Die Lichtfortpflanzung muß, da sie der Bedingung

$$d^2 s = 0$$

genügt, als Spezialfall in den Gleichungen (5) für die allgemeine Punktbewegung enthalten sein. Man braucht in der Tat nur in den von Schwarzschild[1]) hergeleiteten intermediären Integralen für die Punktbewegung die eine Konstante h gleich Null zu setzen, um der obigen Bedingung zu genügen. Im Gravitationsfeld einer Zentralmasse lauten mithin die Gleichungen für die Lichtbewegung:

$$\left.\begin{aligned} \left(1-\frac{\alpha}{R}\right)\left(\frac{dt}{ds}\right)^2 - \frac{1}{1-\frac{\alpha}{R}}\left(\frac{dR}{ds}\right)^2 - R^2\left(\frac{d\varphi}{ds}\right)^2 &= 0 \\ R^2\frac{d\varphi}{ds} &= \Delta \\ \left(1-\frac{\alpha}{R}\right)\frac{dt}{ds} &= 1 \end{aligned}\right| \tag{6}$$

Die zweite Gleichung stellt den Flächensatz dar und, da die Lichtgeschwindigkeit im Unendlichen gleich 1 ist, hat die Konstante Δ eine sehr anschauliche Bedeutung. Sie ist nichts anderes als die Länge des Perpendikels vom Zentrum auf den Lichtstrahl, wenn er aus dem Unendlichen kommend seine Richtung nicht ändern würde; sie ist sozusagen die Distanz Δ, um welche der Lichtstrahl im Unendlichen am Zentrum vorbeizielt.

Die aus dem Gleichungssystem (6) abgeleitete Gleichung der Bahnkurve lautet nach Einführung von

$$\frac{1}{R} = x$$

ganz analog wie bei Schwarzschild

$$\left(\frac{dx}{d\varphi}\right)^2 = \frac{1}{\Delta^2} - x^2 + \alpha x^3$$

und stellt somit die Gleichung eines Lichtstrahls im vorliegenden Gravitationsfelde dar. Es folgt

$$d\varphi = \frac{\Delta \cdot dx}{\sqrt{1 - \Delta^2(x^2 - \alpha x^3)}}$$

und führt also gleichfalls auf ein elliptisches Integral wie die Planetenbewegung. Bei Einführung der neuen Variabeln

$$\mu = \Delta \cdot x\sqrt{1 - \alpha x}$$

ist bis auf Größen zweiter Ordnung in α

$$\Delta \cdot x = \mu\left(1 + \frac{\alpha}{2\Delta}\mu\right)$$

und man erhält

$$d\varphi = \frac{d\mu}{\sqrt{1-\mu^2}} + \frac{\alpha}{\Delta}\frac{\mu\, d\mu}{\sqrt{1-\mu^2}}.$$

Bezeichnet man mit φ_a den Winkel, den der Radiusvektor beschreibt, wenn ein Lichtstrahlelement aus dem Unendlichen bis zu seiner größten Annäherung an die Zentralmasse herankommt, was für

$$\frac{dx}{d\varphi} = 0$$

der Fall ist, so hat man

$$\varphi_a = \left(\arcsin\mu - \frac{\alpha}{\Delta}\sqrt{1-\mu^2}\right)_0^1 = \frac{\pi}{2} + \frac{\alpha}{\Delta},$$

da μ indessen von 0 bis genau zum Werte 1 ansteigt. Beim weiteren Forteilen des Lichtstrahlelements vom Perihel bis wieder ins Unendliche, bestreicht der Radiusvektor den Winkel φ_b, für den man gleichfalls findet

$$\varphi_b = \frac{\pi}{2} + \frac{\alpha}{\Delta}.$$

Bei geradlinigem Verlauf des Lichtstrahls hätte der Radiusvektor im ganzen den Winkel π überstrichen. Der Lichtstrahl erleidet mithin im Gravitationsfeld die Ablenkung

$$\varepsilon = \varphi_a + \varphi_b - \pi = \frac{2\alpha}{\Delta}, \tag{7}$$

was mit der von Einstein hierfür gerechneten Formel[1]) übereinstimmt. Die hier gegebene Ableitung ist aber vollkommen identisch mit der Berechnung der Perihelbewegung der Planeten[2]). Der Einfluß des Gravitationsfeldes auf die Lichtstrahlen hat mithin die gleiche Ursache. Man kann somit die Ablenkung der Lichtstrahlen auch als eine Perihelbewegung auffassen.

Es möge noch der Wert der Koordinate R berechnet werden, welche dem Lichtstrahlelement im Perihel zukommt. Man erhält ihn aus Gleichungssystem (6) für

$$\frac{dR}{ds} = 0,$$

1) l. c. S. 195, Gleichungen (15), (16) u. (17).

1) Ann. d. Phys. **49**, 822, 1916.

2) A. Einstein, Berliner Sitzungsberichte 1915, S. 831.

und zwar findet man die Beziehung

$$R^2 - \left(1 - \frac{\alpha}{R}\right) \Delta^2 = 0.$$

Das liefert bis auf Größen zweiter Ordnung in α schließlich

$$R = \Delta - \frac{\alpha}{2}. \qquad (8)$$

Man könnte mithin in Gleichung (7) bei gleicher Genauigkeit der Endformel auch die Größe R im Nenner statt Δ einführen.

§ 6. Die auf das Gravitationsfeld der Sonne bezüglichen numerischen Rechnungen sind zwar von Einstein und Schwarzschild fast alle schon mehr oder minder angenähert durchgeführt worden. Im folgenden möchte der Verfasser eine einheitliche und exakte Neuberechnung der in Betracht kommenden Konstanten geben. Die verwendeten astronomischen Größen wurden dabei der Konstantentafel am Schlusse der Theoretischen Astronomie von W. Klinkerfues[1]) entnommen. So wurde vor allem mit einer Äquatorialhorizontalparallaxe der Sonne

$$\pi = 8{,}80''$$

und einer Lichtgeschwindigkeit

$$c = 2{,}9986 \cdot 10^{10} \text{ cm sec}^{-1}$$

gerechnet, wie sie auf der Pariser Astronomen-Konferenz festgelegt wurden. Für den Äquatorialradius der Erde ist der Besselsche Wert verwendet worden.

Man erhält als Produkt aus Gravitationskonstante und Sonnenmasse

$$k^2 M_0 = 1{,}324 \cdot 10^{26} \text{ cm}^3 \text{ sec}^{-2}.$$

Daraus findet man für die wichtige Größe α den Wert

$$\alpha = 2{,}945 \cdot 10^5 \text{ cm},$$

der von Schwarzschild bloß rund mit 3 km angegeben worden war. Man sieht leicht ein, daß der aus dem scheinbaren Sonnenradius in bisher üblicher Weise berechnete wahre Sonnenradius wegen der Krümmung der Lichtstrahlen in Wirklichkeit jene im vorigen Paragraphen mit Δ bezeichnete Größe darstellt, die wir mit Δ_a bezeichnen wollen, wenn sie speziell auf einen die Sonnenoberfläche tangierenden Lichtstrahl Bezug hat. Aus dem scheinbaren Sonnenhalbmesser nach Auwers erhält man

$$\Delta_a = 6{,}9545 \cdot 10^{10} \text{ cm}$$

und den zugehörigen Wert von R_a für den Sonnenhalbmesser müßte man nach Gleichung (8) bestimmen. Wie sich zeigt, kann man aber bei dem bisherigen Stande der astronomischen Meßgenauigkeit die Größen R_a und Δ_a noch ruhig miteinander identifizieren. Für die Gesamtablenkung eines am Sonnenrande vorbeigehenden Lichtstrahls erhält man aus den obigen Zahlen

$$\varepsilon_a = 1{,}75''$$

in guter Übereinstimmung mit der Berechnung von Einstein.

Zum Schlusse seien noch die Konstanten angegeben, die man erhält, wenn man die Sonne als Kugel aus inkompressibler Flüssigkeit betrachtet. Die Relation

$$\sin^2 \chi_a = \frac{\alpha}{R_a}$$

läßt den Winkel χ_a an der Sonnenoberfläche als kleine Größe erkennen, zu deren Berechnung die Formel

$$\chi_a = \sqrt{\frac{\alpha}{R_a}}$$

genügt. Das liefert

$$\chi_a = 7' \, 4{,}5'';$$

es ist diese Trichterfläche also recht eben, welche die Geometrie in einer zentralen Schnittebene des Sonnensystems abbildet. Für den Krümmungsradius des sphärischen Raumes im Innern der Sonne

$$R_0 = \frac{R_a}{\sin \chi_a}$$

genügt auch die vereinfachte Berechnung

$$R_0 = R_a \sqrt{\frac{R_a}{\alpha}}.$$

Man erhält durch numerische Rechnung, daß der Krümmungsradius R_0 des Innenraums 486 mal größer ist als der Radius R_a der Sonne. Oder in Zentimeter berechnet ergibt sich

$$R_0 = 3{,}38 \cdot 10^{13} \text{ cm},$$

was eine Distanz darstellen würde, welche von der Sonne bis zur Zone der Planetoiden reicht.

Zusammenfassung.

Im Innern einer Kugel aus inkompressibler Flüssigkeit herrscht für jede Durchmesserebene dieselbe Geometrie wie auf einer Kugelfläche (§ 1). Um ein Massenzentrum herum herrscht in jeder zentralen Schnittebene dieselbe Geometrie wie auf einer Fläche, die durch Rotation einer Parabel um ihre Leitlinie erzeugt wird (§ 2). Die Kugelschale, welche für die Flüssigkeitskugel jede zentrale Schnittebene unter Erhaltung der Maßverhältnisse abbildet, muß das für den Außenraum das gleiche leistende Segment des Rotationsparaboloides angrenzend berühren (§ 3). Auch für die allgemeine Relativitätstheorie bildet das Prinzip von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, und zwar der „natürlich gemessenen", eine fundamentale Voraussetzung (§ 4). Die Ablenkung der Lichtstrahlen beim Vorbeigehen an der Zentralmasse läßt sich auch als Perihelbewegung wie bei den Planeten deuten (§ 5). Die Abweichungen von der eukli-

1) 2. Auflage von H. Buchholz, Braunschweig 1899, S. 927.

dischen Geometrie sind für das Sonnensystem äußerst gering (§ 6).

Physikalisches Laboratorium der k. k. Technischen Hochschule in Wien.

(Eingegangen 3. September 1916.)

Zwei kleine Mitteilungen zu den Vorlesungen über Spektralanalyse.

Von F. Emich.

1. Zur Sichtbarmachung der Protuberanzen.

Bringt man eine Sodaperle, die an einem recht dünnen Platindraht hängt, in den (vorderen) Rand einer Kerzenflamme oder einer kleinen leuchtenden Gasflamme, wie sie mittels eines Bunsenbrenners bei ganz oder fast geschlossenen Luftöffnungen und aufgesetztem Schirm leicht zu erhalten ist, so wird die Gelbfärbung durch das Natrium aus mäßiger Entfernung kaum oder nicht mehr wahrgenommen. Betrachtet man eine solche Flamme aber mittels eines Prismas, so hebt sich die Natriumfärbung mehr oder weniger kräftig von der (weniger hellen) Spektralumgebung ab. Wichtig ist, daß sich die Perle an der richtigen Stelle befinde, die man durch Probieren zu suchen hat. Ein Flintglasprisma von 60° genügt zwar, weit besser aber ist ein Prismensatz z. B. aus einem Browningschen Taschenspektroskop oder ein geradsichtiges Prisma, wie es zu Projektionszwecken in den Handel kommt. Die Flamme sei am Experimentiertisch, das Prisma läßt man unter der Hörerschaft herumgehen. Natürlich kann auch eine fixe Aufstellung gemacht und dabei ein Fernrohr zugeschaltet werden. Das normale Auge gewinnt aber dabei nicht viel. Stellt man zwei Prismen auf, so kann die Wirkung der größeren Dispersion anschaulich gemacht werden, indem man einmal durch das eine Prisma und einmal durch beide Prismen blicken läßt, die z. B. so gelagert sind, daß das eine das andere (in lotrechter Richtung) zur Hälfte überdeckt.

Am lehrreichsten und bequemsten ist wohl ein (Ivessches) Gitter; man übersieht dabei sozusagen mit einem Blick die Wirkung der verschiedenen Dispersion in den Spektren verschiedener Ordnung.

Natürlich sind noch weitere Abänderungen möglich, die der Phantasie des einzelnen überlassen bleiben mögen; nur eine will ich erwähnen. Sie besteht darin, daß man einen Leuchtgasstrom in bekannter Weise, d. h. dadurch mit Kochsalzstäubchen schwängert, daß man ihn durch den Gasraum einer Waschflasche leitet, die Zink, Kochsalz und stark verdünnte Schwefelsäure enthält. Das aus einer Spitze lotrecht ausströmende Gas soll eine 2—3 dm hohe Flamme bilden; sie zeigt das Phänomen gleichfalls sehr hübsch[1]).

2. Glüherscheinungen an stark absorbierenden Gasen.

Weiter sei darauf aufmerksam gemacht, daß das bekannte Glühen[2]), das z. B. Brom- und Joddampf bei Rotglut zeigen, in gefahrloser Weise mittels Röhrchen aus durchsichtigem Quarzglas[3]) vorgeführt werden kann. Die Röhrchen haben etwa 3 mm äußeren Durchmesser, $^1/_2$ mm Wandstärke und 3 cm Länge. Sie sind mit einigen Zentigrammen Jod, bzw. Brom beschickt. Die Herstellung geschieht in der Weise, daß man das Röhrchen AB von etwa 12 cm Länge an der Stelle C im Knallgasgebläse zusammen-

fallen läßt, dann das Halogen in den Teil BC einfüllt, die Luft durch Erhitzen vertreibt und schließlich bei B (das man schon vorher zu einer Spitze ausgezogen) und bei A zuschmilzt. AC dient als Stiel zum Anfassen, BC ist das eigentliche Versuchsröhrchen. Beim Versuch wird es unter leichter Bewegung mit der (vorsichtshalber mit einem starken Lederhandschuh geschützten) Hand in eine Spiritus- oder Bunsenflamme gehalten, die man zwischen zwei starken Glasscheiben brennen läßt. Die eine ist gegen die Zuhörer, die andere gegen den Vortragenden aufgestellt. Obwohl die Röhrchen das Erhitzen bis zum Gelbglühen vertragen und obwohl eine Explosion unter den angegebenen Maßregeln keinen Schaden anrichtet, kann man vorsichtshalber eventuell nur bis zu kräftigem Rotglühen des Inhalts erhitzen. Man versäume nicht, vorher oder später auch einen Teil des Rohres zwischen A und C zu erhitzen, damit der Zuhörer wahrnimmt, daß das Quarzglas allein bei der fraglichen Temperatur nicht nennenswert Licht aussendet. Noch sei daran erinnert, daß Quarzgefäße vor dem Erhitzen gut gereinigt werden sollen, da sie z. B. infolge des Anfassens mit dem Finger Bestandteile aufnehmen, die für sich ein, wenn auch schwaches Glühphänomen erzeugen können.

1) Ich bin mir bewußt, daß diese Versuche zu den „Selbstverständlichkeiten" gehören, und vielleicht sind sie schon von manchem Lehrer gezeigt worden, wie ich sie seit Jahren zeige. Ich hätte die kleine Mitteilung auch nicht veröffentlicht, wenn mir nicht von sehr maßgebender Seite dazu geraten worden wäre.

2) H. Kayser, Spektroskopie II, 158.

3) Bezugsquelle W. C. Heraeus, Hanau.

Graz, Techn. Hochschule, Laboratorium für allgemeine Chemie, August 1916.

(Eingegangen 16. August 1916.)

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Zur Frage nach dem Ursprunge der Niederschlagselektrizität.

Von H. Geitel.

Die Erforschung der Quellen der Niederschlagselektrizität ist trotz mancher in den letzten Jahren erzielten Fortschritte — sowohl in der Beschaffung von Beobachtungsergebnissen wie auch in der experimentellen Untersuchung des elektrischen Verhaltens des Wassers bei solchen Vorgängen, wie sie während der Bildung und des Herabfallens der Niederschläge als wahrscheinlich anzunehmen sind — noch nicht in dem Grade abgeschlossen, daß man von einem in jeder Weise befriedigenden Einblicke in das Wesen dieser Erscheinung sprechen dürfte.

Andrerseits darf für den Gegenstand ein erhebliches Allgemeininteresse vorausgesetzt werden; bilden ja doch die Äußerungen der Gewitterelektrizität einen der eindrucksvollsten und für viele Gebiete der Technik einflußreichsten Vorgänge der Physik unserer Erde. Eine kurze Darstellung der jetzigen Lage des Forschungsgebiets, die ich auf Wunsch der Schriftleitung dieser Zeitschrift im folgenden zu geben versuche, ist daher vielleicht nicht unwillkommen.

Unter atmosphärischen Niederschlägen werden wir im folgenden das Wasser in all den verschiedenen Gestalten verstehen, unter denen es aus der Verdichtung seines Dampfes in dem freien Luftraume hervorgeht, von den Nebeltröpfchen der Wolke an bis zu den fallenden Regentropfen, Graupeln, Hagelkörnern und Schneeflocken.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß alle diese Körper mit elektrischen Ladungen behaftet vorkommen können, und dadurch ist die Aufgabe gegeben, die Ursache dieser Erscheinung aufzusuchen.

Da auch bei Abwesenheit von Wolken und Niederschlägen die Lufthülle der Erde zugleich der Sitz eines elektrischen Feldes ist, dessen Niveauflächen der Erdoberfläche parallel laufen, indem die letztere mit freier negativer Elektrizität belegt ist, die Niederschläge also während ihrer Bildung im allgemeinen elektrischen Kräften ausgesetzt sind, so empfiehlt es sich, zunächst festzustellen, ob schon hierdurch allein freie Ladungen auf den Niederschlagsteilchen entstehen können.

Es ist dies möglich, wenn wir neben dem elektrischen Felde in der Atmosphäre noch die ständige Ionisierung der Luft heranziehen.

Die Tatsache des Zusammenbestehens des elektrischen Feldes in der Luft mit einer gewissen Leitfähigkeit der letzteren bildet bekanntlich die Hauptschwierigkeit der Lehre von der Luftelektrizität[1]). Beide Umstände bedingen das Vorhandensein eines elektrischen Vertikalstromes in der Atmosphäre, der in der Nähe der Erdoberfläche im Mittel $2 \cdot 10^{-16}$ Amp. cm^{-2} beträgt und durch welchen positive Ionen nach unten, negative nach oben getrieben werden.

Schon in etwa 10 Minuten müßte unter den tatsächlich vorhandenen Bedingungen die Dichtigkeit der negativen Elektrizität am Erdboden auf den 10. Teil sinken und entsprechend die Stärke des Erdfeldes abnehmen, wenn nicht durch eine — noch nicht befriedigend aufgeklärte — elektromotorische Kraft die Ladung der Erdoberfläche im Mittel unverändert bewahrt würde.

Der auf diese noch unbekannte Art dauernd unterhaltene elektrische Vertikalstrom wird nun durch das Auftreten von Wolken in der Atmosphäre gestört. Die Leitfähigkeit der Luft nimmt infolge der Verkleinerung der Wanderungsgeschwindigkeit der Ionen im Nebel ab, es treten Stauungen der Ionen auf, die zur Bildung von Raumladungen unter gleichzeitiger Änderung des Erdfeldes führen[2]). Für die Beobachtung am günstigsten ist der Fall, daß durch nächtliche Ausstrahlung bei windstillem klaren Wetter sich eine Wolkenschicht unmittelbar auf der Erde, sog. Bodennebel bildet. Die Verdichtung des Wassers erfolgt hier wesentlich an Staubteilchen, die nicht notwendig eine elektrische Eigenladung zu tragen brauchen; der Nebel ist im Augenblicke seiner Entstehung elektrisch neutral.

Die Aufwärtsbewegung negativer Ionen von der Erdoberfläche aus wird durch den Nebel gelähmt, ebenso, innerhalb des Nebels selbst, die Abwärtsbewegung der positiven. Erst oberhalb des Nebels vermögen die Luftionen den Triebkräften des Erdfeldes zu folgen. Die obere Grenzschicht des Nebels wird ein Stauungsgebiet der positiven Ionen werden, während die unmittelbar darüber gelagerte noch nebelfreie Luft an negativen verarmt. Es bildet sich ein

1) Aufschluß über diese Fragen geben die Lehrbücher über atmosphärische Elektrizität: A. Gockel, Die Luftelektrizität, Leipzig 1908; W. Mache und E. von Schweidler, Die atmosphärische Elektrizität, Braunschweig 1909; K. Kähler, Sammlung Göschen, 1913.

2) J. Elster u. H. Geitel, Meteorol. Zeitschr. 17, 230, 1900.

Kondensator aus, dessen Dielektrikum von der Nebelschicht, dessen Belegungen von der Erdoberfläche und der oberen Nebelgrenze gebildet werden. Die Feldstärke innerhalb des Nebels muß demnach anwachsen, ihr Endwert hängt ab von der Dicke der Nebelschicht und von dem Reste an Leitfähigkeit, den die mit Nebel erfüllte Luft bewahrt, oberhalb des Nebels ist das Erdfeld kleiner als das normale.

Hohe Beträge des elektrischen Feldes der Erde (der „Luftelektrizität") im Bodennebel sind nun in der Tat eine allgemein verbreitete Erscheinung. Es bliebe noch zu prüfen übrig, ob ihnen besonders geringe Feldkräfte oberhalb der Nebelschicht entsprechen; die Ausführung dieser Beobachtungen wäre am einfachsten vom Ballon aus zu bewerkstelligen. — Die Ionenstauung im Nebel läßt sich übrigens leicht in kleinem Maßstabe durch den Versuch nachweisen[3]).

In eine flache Metallschale, die auf isolierender Unterlage ruht, von mehr als 50 cm Durchmesser, wird ein Strom von Kohlendioxyd geleitet, das nach Passieren zweier Flaschen, von denen die eine etwas konzentrierte Salzsäure, die andere Ammoniakwasser enthält, sich mit einem dichten Salmiaknebel beladen hat. In ruhiger Luft bildet es eine weiße, die Schale bis zum Rande erfüllende Schicht. Wird nun die Schale durch Anschluß an eine Säule etwa negativ geladen, während die Luft oberhalb der künstlichen Nebelschicht durch Radiumstrahlen oder eine Flamme ionisiert wird, so lädt sich der Salmiaknebel positiv auf. Man zeigt dies, indem man die Schale, nach Abschaltung der ladenden Batterie mit einem Elektrometer verbindet und den Salmiaknebel hinausbläst. Das Elektrometer zeigt freie negative Elektrizität an, die durch die positive des Nebels gebunden war. In entsprechender Weise fällt der Versuch bei umgekehrtem Vorzeichen der Ladung der Schale aus.

Handelt es sich nicht um Bodennebel, sondern um eine in der freien Atmosphäre in größerer Höhe über der Erdoberfläche befindliche Wolkenschicht, so wird ebenfalls durch Ionenstauung im elektrischen Felde der Erde die obere Grenzschicht der Wolke sich positiv, die untere dagegen negativ aufladen. Hierdurch wird ein besonderes starkes Kraftfeld in der Wolke selbst hervorgerufen werden. Es wäre von Interesse, die Störungen des Erdfeldes in der Nähe von Wolken und in ihrem Inneren durch planmäßige Beobachtungen vom Ballon aus zu verfolgen. Die bis jetzt vorliegenden Erfahrungen zeigen das Vorhandensein solcher Störungen an, die wahrscheinlich der genannten Ursache zuzuschreiben sind[4]). Unmittelbar für die zu erwartende Stauung der Ionen sprechen die Ballonbeobachtungen von H. Bongards[5]), der an der unteren Grenze der Wolke die positive polare Leitfähigkeit der Luft, an der oberen die negative überwiegend fand, entsprechend der vermehrten Dichte der negativen, bzw. der positiven Ionen.

Das Wesentliche der vorigen Ausführungen liegt darin, daß sie grundsätzlich die Entstehung von Wolkenladungen allein durch das elektrische Feld der Erde als möglich erkennen lassen. Niederschlagsteilchen, die aus derartig elektrisierten Nebeln herabfallen, werden je nach der Lage der Schicht, der sie entstammen, positive oder negative Ladungen zur Erde führen, während die zurückgebliebenen Elektrizitätsmengen schwächend oder verstärkend auf das Erdfeld wirken müßten.

Die geringe Wanderungsgeschwindigkeit der Luftionen, die im Erdfelde mittlerer Intensität von der Ordnung eines Zentimeters in der Sekunde ist, macht die genannte Elektrizitätsbewegung wenig ergiebig und läßt die daraus entspringenden Ladungen der Wolken wohl nur in ruhender Luft merklich werden. Keineswegs reichen die auf diese Weise bewegten Elektrizitätsmengen aus, um die elektrischen Vorgänge während einer Böe oder eines Gewitters verständlich zu machen.

Einen Versuch, auch in diesem Falle mit Feldkräften allein, aber unter Zuhilfenahme von Zusammenstößen zwischen den Niederschlagsteilchen auszukommen, werden wir am Schlusse noch zu besprechen haben.

Wir wenden uns jetzt zu gewissen Vorgängen mechanischer Art, die von elektrischen begleitet sind und die an fallenden Wassertropfen vorkommen können. Sie sind gerade in der letzten Zeit zur Erklärung der Niederschlagselektrizität herangezogen worden. Die Kenntnis der ganzen Erscheinungsgruppe verdankt man im wesentlichen den Arbeiten von P. Lenard und seinen Schülern.

Ein Wassertropfen in freier Luft nimmt zunächst, wie jeder fallende Körper, eine beschleunigte Bewegung an, die aber nach dem Zurücklegen einer je nach der Größe des Tropfens verschiedenen Wegstrecke infolge des Luftwiderstandes in eine gleichförmige übergeht. Hierbei plattet sich der Tropfen, sobald

3) J. Elster u. H. Geitel, diese Zeitschr. 7, 370, 1906.

4) F. Linke, Luftel. Messungen bei 12 Ballonfahrten. Abh. der K. Ges. der Wiss. zu Göttingen 3, 5, 1904.

5) H. Bongards, Ber. über die Tätigkeit des K. Preuß. Aeronaut. Observatoriums bei Lindenberg im Jahre 1913. S. 253, 1914.

er eine gewisse Größe überschreitet, ab, während er seinen größten Querschnitt senkrecht zur Fallrichtung einstellt. Die an dem Tropfen vorbeigleitende Luft ruft in ihm Strömungen hervor, es entsteht ein Wirbelring, indem am Rande des Tropfens das Wasser aufwärts, in der Mitte abwärts fließt. Die Erscheinung hängt offenbar nur von der gegenseitigen Bewegung des Tropfens und der Luft ab, sie läßt sich daher in ihrem ganzen Verlaufe nach Lenard[6]) bequem verfolgen, indem man Tropfen in einen möglichst wirbelfreien, senkrecht aufsteigenden Luftstrom von großem Querschnitt und gleichförmiger, in gewissen Grenzen regelbarer Geschwindigkeit einführt. Man stellt die letztere so ein, daß die Tropfen in unveränderlicher Höhe schwebend erhalten bleiben. Es läßt sich dieser Zustand eine für die Beobachtung genügend lange Zeit festhalten. Allmählich wandern allerdings die Tropfen gegen den Außenrand des Luftstroms hin, bis sie von diesem nicht mehr erfaßt werden und seitlich hinausgeworfen zu Boden sinken. In diesem Augenblicke kann man sie auf Löschpapier auffangen und ihre Größe bestimmen.

Mittels dieses Verfahrens findet man für die verschiedenen Tropfengrößen diejenige Geschwindigkeit des Luftstromes, die sie gerade trägt, die also mit der gleichförmigen Fallgeschwindigkeit derselben Tropfen in ruhender Luft übereinstimmt. Überschreitet nun ein Tropfen eine gewisse Größe (etwa 0,13 g, entsprechend einem Kugelradius von 3,18 mm), so gibt es keine noch so große ihn tragende Luftgeschwindigkeit mehr; die innere Wirbelbewegung löst ihn in einen Ring kleinerer Tropfen auf, die nun von dem Luftstrome nach oben geführt werden.

Die dem Grenzgewicht von 0,13 g zugehörige Geschwindigkeit des Luftstroms beträgt etwa 8 $m \cdot sec^{-1}$.

Hiernach gibt es (in Übereinstimmung mit der Erfahrung) überhaupt keine Regentropfen, deren Gewicht 0,13 g und deren Geschwindigkeit gegen die umgebende Luft 8 m wesentlich übersteigt. Bildet sich, etwa durch Zusammenfließen mehrerer fallender Tropfen, eine größere Wasseransammlung heraus, so zerfällt sie von selbst in kleinere von beständiger Größe.

Nun ist mit dem Zerspritzen reinen Wassers im allgemeinen eine Elektrizitätsentwicklung verknüpft, deren Bedingungen vor allem ebenfalls von Lenard[7, 8, 9]) erforscht sind.

6) P. Lenard, Meteorol. Zeitschr. **21**, 249, 1904.
7) P. Lenard, Wied. Ann. **46**, 584, 1892.
8) P. Lenard, Sitzungsber. der Heidelberger Ak. d. Wiss. Math.-Phys. Klasse. Abt. A, 28. Abhandlung, 1914.
9) P. Lenard, Ann. d. Phys. **47**, 463, 1915.

Der Gedanke, diese elektrischen Begleiterscheinungen der Wasserzerteilung in eine innere Verbindung mit der Niederschlagselektrizität zu bringen, ist von vornherein recht einleuchtend und drängt sich jedem auf, der die überraschend großen elektrischen Spannungen beobachtet hat, die die Wolke von Wasserstaub am Fuße eines Falles auch bei kleinen Wasserläufen im Gebirge zeigt. Diese sog. Wasserfallelektrizität ist eine längst bekannte Erscheinung, der Name wird jetzt allgemein zur Bezeichnung der Gruppe elektrischer Vorgänge angewandt, die beim Zerspritzen, Zerstäuben des Wassers und beim Durchperlen von Luft durch Wasser auftreten können. (Von C. Christiansen ist der Name „Balloelektrizität" vorgeschlagen.)

Bevor man indessen an eine Zurückführung der Niederschlagselektrizität auf diese Ursache denken konnte, war es notwendig, den den genannten Sonderfällen gemeinsamen Vorgang aufzufinden, der die Elektrizitätsentwicklung verursacht.

Die ursprüngliche und noch heute fast allgemein angenommene Anschauung ist die, daß eine Elektrizitätsentwicklung stets dann eintritt, wenn die freie Oberfläche, in der Wasser und Luft aneinandergrenzen, eine plötzliche Verkleinerung erfährt. Bei Berührung von Wasser und Luft soll sich nämlich eine elektrische Doppelschicht bilden, deren positive Belegung in der Wasserfläche, deren negative in der berührenden Luft liegt. Beim schnellen Zusammenziehen der Wasseroberfläche, wie es bei allen Formveränderungen schwebender Tropfen infolge der Kohäsionskräfte erfolgt, würde ein Teil der berührenden Luftschicht abgestreift und nähme dabei seine negative Ladung mit, während die entsprechende positive im Wasser bliebe. Tatsächlich kommen bei jeder Zerreißung des Wassers plötzliche und starke Oberflächenverminderungen vor, da die entstehenden Wasserteilchen ursprünglich nicht kugelförmig sind, sondern Bruchstücke von Flüssigkeitsmembranen und Fäden darstellen, die in sehr kurzer Zeit unter Zusammenziehung der freien Oberflächen in Kugeln übergehen.

Nun ist aber kürzlich von Lenard[10]) gezeigt, daß diese Auffassung von der Natur der Wasserfallelektrizität einer schärferen Prüfung nicht standhält.

Zunächst war die vorausgesetzte elektrische Doppelschicht zwischen Wasser und Luft durch andere Wirkungen als diejenige, zu deren Erklärung man sie eingeführt hat, nicht nachweisbar.

Man sollte erwarten, wenn eine solche Dop-

10) l. c. 8 und 9.

pelschicht vorhanden wäre, daß die Oberflächenspannung des Wassers im Vakuum von der in Luft merklich verschieden sein müßte, da die letztere durch die hinzukommenden elektrischen Kräfte (sobald wenigstens der Potentialsprung mehr als 0,1 Volt betrüge) vermindert würde.

Durch den Versuch ließ sich indessen eine Abnahme der Oberflächenspannung in Luft gegen die im Vakuum nicht erkennen, ebensowenig wie die Wasserfallelektrizität in Luft von derjenigen erheblich abwich, die in Kohlendioxyd, Sauerstoff, Stickstoff, Methan, Wasserstoff beobachtet wurde. Wenn ein Teil jener Doppelschicht im Gase lag, so wäre ein starker Einfluß des Gases, insbesondere auch seiner Dielektrizitätskonstanten vorauszusehen gewesen. Ferner lag die Wahrscheinlichkeit vor, daß man bei großer Relativgeschwindigkeit zwischen Wasser und Luft die negative Luftbelegung der Doppelschicht abreißen könnte, d. h. daß eine Reibungselektrizität zwischen Wasser und Luft nachweisbar sein würde. Aber selbst bei großen Geschwindigkeiten (20 m) wurden keine Anzeichen davon gefunden, wie ja anscheinend überhaupt keine Elektrizitätsentwicklung beim Strömen von Gasen an kalten unbeleuchteten Körpern beobachtet wird.

Die von G. Quincke entdeckte elektrische Fortführung von Luftblasen in Wasser beweist zwar das Vorhandensein einer elektrischen Doppelschicht an der inneren Oberfläche der Blasen, nötigt aber nicht zu dem Schlusse, daß die eine Belegung in der Luft liegt, vielmehr können beide in der Wasseroberfläche liegen.

Andrerseits erwies sich das bloße Zusammenfließen von Tropfen und die Zerteilung des Wassers allein als elektrisch unwirksam, so lange man verhütete, daß dabei kleinste Wassertropfen aus der Oberfläche herausgerissen wurden. Daher ist auch das ruhige Abtropfen von Wasser so gut wie ohne elektrische Nebenwirkung, während beim Zerblasen von Strahlen und Tropfen kräftige Wasserfallelektrizität auftritt. Die letztere ist dabei an die Bildung allerfeinsten Wasserstaubes gebunden, dieser selbst, nicht die Luft, ist negativ elektrisch, die gröberen Tropfen tragen die entsprechende positive Ladung.

Nach Lenard gibt es daher allerdings eine elektrische Doppelschicht an der freien Oberfläche des Wassers, nur liegen beide Belegungen im Wasser, die negative nach außen; die Dicke der Schicht ist von der Ordnung der Wirkungssphäre der Molekularkräfte. Nur solche Wassertröpfchen, deren Substanz überwiegend aus der äußersten Grenzschicht stammt, können negative Ladungen mitnehmen.

Diese Auffassung von der Beschaffenheit der freien Wasseroberfläche erscheint bei Lenard im inneren Zusammenhange mit der elektrischen Natur der Molekularkräfte überhaupt, und er vermag auf dieser Grundlage eine Reihe anderer elektrischer Eigenschaften des Wassers und wässeriger Lösungen zu erklären, wie z. B. das Fehlen jeder Fortführung elektrischer Ladungen beim Verdampfen des Wassers und die Umkehrung des Vorzeichens der Wasserfallelektrizität bei Gegenwart von gelösten Elektrolyten.

Es war notwendig, das Wesen der Wasserfallelektrizität nach dem neuesten Stande der Forschung zu kennzeichnen, bevor die auf diese Erscheinung von G. C. Simpson[11, 12, 13]) gegründete Theorie des Gewitters besprochen wird.

Der dieser Auffassung zugrunde liegende Gedankengang, der, soweit er die rein mechanischen Vorgänge bei der Regenbildung betrifft, schon von Lenard[14]) ausgesprochen wurde, ist im wesentlichen der folgende.

Die Verdichtung des Wasserdampfs in den Gewittern findet vornehmlich in dem aufsteigenden Luftstrome durch adiabatische Entspannung statt. Während die feinsten Nebeltröpfchen von dem Luftstrom mit nahe derselben Geschwindigkeit mitgerissen werden, verlangsamt sich ihre Aufwärtsbewegung in dem Maße, wie sie durch Anlagerung von Kondensationswasser oder Zusammenfließen mit anderen an Gewicht zunehmen. Die Tropfen bleiben so lange beständig, bis der Geschwindigkeitsunterschied gegen den aufsteigenden Luftstrom auf etwa 8 m angewachsen, ihr Gewicht auf 0,13 g gestiegen ist. Bei weiterer Vergrößerung der Tropfen tritt plötzlicher Zerfall in einen Kranz von kleineren Tröpfchen ein, die nun ihrerseits langsamer fallen, bis durch erneute Vergrößerung und Annäherung an das Grenzgewicht von neuem Zerreißung erfolgt. Der Vorgang wiederholt sich in dieser Weise unausgesetzt, ohne daß das Wasser den Erdboden erreicht, wenn angenommen werden darf, daß senkrechte Geschwindigkeiten von mindestens 8 m in der Sekunde in dem aufsteigenden Luftstrome tatsächlich vorkommen. Für kleinere Geschwindigkeiten würde ein Tropfenzerfall zwar auch eintreten, aber die Orte, an denen die aufeinanderfolgenden Zerreißungen stattfinden, würden immer tiefer rücken; bei erreichter kritischer Geschwindigkeit von 8 m müßten die

11) G. C. Simpson, Philos. Trans. Ser. A, **209**, 379, 1909.
12) G. C. Simpson, diese Zeitschr. **14**, 1057, 1913.
13) G. C. Simpson, Phil. Mag. (6) **30**, 1, 1915.
14) l. c. 6.

Tropfen im Moment des Zerfalls gerade noch schweben, bei größerer Geschwindigkeit würden sie dauernd im Aufsteigen begriffen bleiben. Im ersten Falle wird ein und dieselbe Wassermenge nur wenige Male zerblasen, während im zweiten und dritten die Zerreißung beliebig oft wiederholt wird. Nach Simpson belädt sich die aufsteigende Luft dabei mit negativer Elektrizität, während das Wasser die zugehörige positive Ladung annimmt. Es findet eine Elektrizitätsscheidung statt, durch welche die höheren Teile der Wolke, in denen die aufsteigende Bewegung und die Kondensation schon erlahmt ist, negativ, die unteren aus größeren Tropfen bestehenden Schichten positiv geladen werden. Aufsteigende Luftströme von der Größenordnung von 8 m in der Sekunde kommen in Gewitterwolken ohne Zweifel vor. Daß sie nicht dauernd beliebige Tropfenmassen schwebend erhalten können, liegt auf der Hand, da eben durch den Druck der Tropfen die Geschwindigkeit vermindert wird, und so wird man erwarten müssen, daß der einem Gewitter entströmende Platzregen vorwiegend positiv geladen ist, während die aus den höchsten Teilen der Gewitterwolke entfallenden kleineren Tröpfchen die durch Ionenadsorption aufgenommene negative Ladung der Luft zu Boden führen.

Man sieht, diese Gewittertheorie stellt in der Tat eine Gedankendichtung dar, die ein anschauliches Bild von mechanischen und elektrischen Vorgängen gibt, die zur Entstehung der Niederschlagselektrizität führen können. Auch quantitativ scheint sie zu genügen, wenn man von den experimentell bestimmbaren Elektrizitätsmengen ausgeht, die beim Zerblasen eines Tropfens Wasser geschieden werden und den entsprechenden Betrag für die Wassermassen einsetzt, die tatsächlich in einem Gewitterregen niederfallen.

Bei Aufstellung seiner Theorie ging Simpson von der damals anscheinend gut begründeten Annahme aus, daß bei der Wasserfallelektrizität die negative Ladung an der Luft, die positive an dem Wasser hafte. In der Widerlegung dieser Auffassung durch Lenards Untersuchungen liegt daher eine Schwäche der Theorie. Bei Versuchen im Laboratorium mit Luftströmen verhältnismäßig kleinen Querschnitts, die gegen fallende Wassertropfen gerichtet werden, treten ohne Zweifel Wirbelbewegungen auf, die kleine Tröpfchen aus der Oberfläche größerer abreißen können. Hierdurch ist erst die von Lenard gefundene Bedingung für das Eintreten der Wasserfallwirkung erfüllt, und in der Tat geben ja derartige Versuche kräftige Elektrizitätsentwicklung an. Es ist nun keineswegs mit gleicher Sicherheit anzunehmen, daß in aufsteigenden atmosphärischen Strömungen, deren Querschnitt nach Quadratkilometern zählt, derselbe Erfolg eintreten wird. Lenard glaubt daher eine Elektrizitätsentwicklung durch den Tropfenzerfall in den Wolken nur bei tumultuarischer Aufwärtsbewegung der Luft annehmen zu dürfen. Aber auch hier ist es schwer vorstellbar, daß die Luftbewegung in so kleinen Raumelementen tumultuarisch, d. h. nach Stärke und Richtung wechselnd, abläuft, daß sie an verschiedenen Stellen desselben Tropfens in ungleichförmiger Weise angriffe, denn nur so könnte man sich das Abreißen kleinster Teile der molekularen Oberflächenschicht bewirkt denken. Jedenfalls sind die quantitativen Bestimmungen Simpsons nicht mehr maßgebend, da die entwickelten Elektritätsmengen nicht allein davon abhängen, daß Wassertropfen zerreißen, sondern der Hauptsache nach von der Art, wie die Zerreißung erfolgt.

Wie dem aber sein mag, man hat zuzugestehen, daß in der nach den neuesten Ergebnissen Lenards schärfer gefaßten Simpsonschen Theorie ein im wesentlichen in sich widerspruchsfreies Bild eines möglichen elektromotorischen Vorganges in den Wolken gegeben wird.

Wir hätten nun zu untersuchen, wie dieses Bild mit den beobachteten Tatsachen übereinstimmt, als solche haben wir Größe und Vorzeichen der Niederschlagselektrizität und des gleichzeitig bestimmten elektrischen Feldes der Erde anzusehen.

Regentropfen, Schneeflocken, Graupeln und Hagelkörner zeigen sämtlich in der Nähe der Erdoberfläche (nur dort sind solche Beobachtungen bis jetzt gemacht) eine gewisse elektrische Ladung, die positiv oder negativ, daher im seltenen Sonderfalle auch Null sein kann.

Es liegt schon ein ziemlich reiches Material an Beobachtungen vor von den Orten Wolfenbüttel (Beobachter J. Elster und H. Geitel[15, 16, 17]) Göttingen (H. Gerdien[18])), Wien (E. Weiss[19])), Graz (H. Benndorf[20])), Portorico (K. W. F. Kohlrausch[21])), Puy en Velay (A. Baldit[22, 23])), Simlah (G. C. Simpson[24])), Potsdam (K. Kähler[25]) und F. Schin-

15) J. Elster u. H. Geitel, Meteorol. Zeitschr. 5, 95, 1888.
16) J. Elster u. H. Geitel, Wien. Ber. 99, 421, 1890.
17) J. Elster u. H. Geitel, Terrestr. Magn. 4, 15, 1899.
18) H. Gerdien, diese Zeitschr. 4, 837, 1903.
19) E. Weiss, Wien. Ber. 115, 1299, 1906.
20) H. Benndorf, Wien. Ber. 119, 89, 1910 u. Sitzungsber. der Münchner Akad. Jahrgang 1912, S. 402.
21) K. W. F. Kohlrausch, Wien. Ber. 118, 25, 1909.
22) A. Baldit, Le Radium 8, 153, 1911.
23) A. Baldit, Le Radium 9, März-Heft 1912.
24) G. C. Simpson, l. c. 11, 12, 13.
25) K. Kähler, diese Zeitschr. 9, 258, 1908.

delhauer[26]), Buenos Aires (G. Berndt[27]), Dublin (Mc Clelland und Nolan[28]), Kiel (F. Herath[29])).

Sieht man von den in Wolfenbüttel, Potsdam, Göttingen erzielten Ergebnissen ab, so zeigen die andern Stationen im ganzen ein Überwiegen der positiv geladenen Regenfälle sowohl nach Häufigkeit wie Stärke der Ladung an, das an einigen Orten, wie Simlah, Puy en Velay, Buenos-Aires, Kiel sehr ausgeprägt ist. Starke Regenfälle (Platzregen) sind in der Regel positiv geladen. Für Wasser in fester Form ergeben sich, soweit Beobachtungen vorliegen, etwa gleiche Elektrizitätsmengen beiderlei Zeichens. Rechnet man die Ergebnisse aller genannten Stationen als gleichwertig hinsichtlich der Ausschließung von Fehlerquellen, so käme insgesamt ein Überschuß positiv geladener Regenfälle heraus. (Wir wollen, der unparteiischen Wertung des Beobachtungsmaterials wegen, diese Art von Durchschnittsrechnung zulassen, obgleich bekanntlich gerade die Bestimmung der Regenelektrizität im höchsten Grade der Fälschung durch abspritzende Tropfen ausgesetzt ist, die beim Zerspritzen mit der Erde in leitender Berührung standen und nicht völlig gegen das bei Regenfällen häufig sehr starke elektrische Feld der Erde geschützt waren. Bei Schnee-, Graupel- und Hagelfällen ist diese Fehlerquelle weit weniger zu fürchten, da das Zerspritzen fortfällt.) Schwache Regen- und Schneefälle sind nach den vorliegenden Messungen, auf gleiche Wassermengen bezogen, viel weniger elektrisch, als solche die in Form von Platzregen und dichtem Schneegestöber während eines Gewitters oder einer Böe niedergehen; bei den ersteren entspricht die zu Boden geführte Elektrizitätsmenge einem Strome von der Ordnung 10^{-15} Amp. cm^{-2}, bei letzterem kann die Stromstärke auf 10^{-12} Amp. steigen. Das Erdfeld ist während eines Landregens in der Regel umgekehrt wie bei heiterem Himmel gerichtet, das Potentialgefälle über der Erdoberfläche also negativ.

Bei Böen und den eigentlichen, von Blitzentladungen begleiteten Gewittern ist neben der höheren Durchschnittsladung der Niederschläge der häufige Wechsel in der Größe und Richtung des Erdfeldes bemerkenswert. Diese Sprünge treten, wie von vornherein zu erwarten ist, besonders regelmäßig in Verbindung mit Blitzentladungen auf und entziehen sich bei lebhafter Gewittertätigkeit durch ihre Häufigkeit und Größe selbst einer nur angenäherten Messung. Ein Teil der Erscheinung ist einfache Folge der Influenz des bei der Entladung zusammenbrechenden Erdfeldes auf den als Potentialausgleicher verwandten Kollektor.

Ein durchgreifender Unterschied im elektrischen Verhalten einer Böe und eines Gewitters ist nicht erkennbar, es muß als ein unwesentlicher Umstand betrachtet werden, wenn bei der ersteren die Spannungsdifferenz zwischen den Wolken oder gegen die Erde nicht immer bis zum Entladungspotential steigt. Solche blitzlosen Böen, bei denen die Störung des Erdfeldes durch Entladungen wegfällt, zeigen in vielen Fällen eine gewisse Regelmäßigkeit in dem Wechsel des Erdfeldes wie auch im Vorzeichen der Niederschlagselektrizität, die an dieser Stelle wiederum der Aufmerksamkeit der Beobachter empfohlen sei.

Schneefälle, besonders solche, in denen großflockiger Schnee mit Graupeln abwechselt, führen elektrische Ladungen von mindestens derselben Größe wie Gewitterregen mit sich. Auch hier kommen beide Vorzeichen in öfterem Wechsel vor, das Erdfeld ist wie bei Gewittern in weiten Grenzen schwankend, die Zeichenwechsel erfolgen im allgemeinen langsamer als bei jenen, wohl infolge der Seltenheit von Entladungen.

Schließlich sei noch einer Erscheinung gedacht, die zwar nicht regelmäßig auftritt, aber zuweilen in merkwürdig konstanter Weise während eines und desselben Niederschlagsfalles andauert[30, 31, 32]), nämlich des Zusammentreffens positiver Niederschlagselektrizität mit negativer Richtung des Erdfeldes und umgekehrt. Stellt man den Gang des Erdfeldes zugleich mit dem der zu Boden geführten Elektrizitätsmengen graphisch dar, so erhält man Kurven, die als Spiegelbilder in bezug auf die Zeitachse aufgefaßt werden können, zuweilen mit einer kleinen Phasenverschiebung von einigen Minuten. Da bei negativer Richtung des Erdfeldes die Erdoberfläche positiv, bei positiver negativ geladen ist, so führen in diesem Falle die Niederschläge dem Erdboden gleichnamige Ladungen zu, sie wirken feldverstärkend.

Beschränken wir uns zunächst auf die eigentlichen Gewitterregen, so stimmt das Überwiegen positiver Ladungen in den starken Regengüssen wohl mit einer „wasserfallelektrischen" Theorie des Gewitters überein, die ja

26) F. Schindelhauer, Veröffentlichungen des K. Preuß. Meteorol. Instituts, Nr. 263, 1913.

27) G. Berndt, diese Zeitschr. **13**, 151, 1912.

28) Mc Clelland u. Nolan, Proc. Roy. Irish Akad. **29**, 81, 1912 und **30**, 61, 1912. (Zitat nach Simpson, Abhandlung hat Ref. nicht vorgelegen.)

29) F. Herath, diese Zeitschr. **15**, 155, 1914.

30) J. Elster u. H. Geitel, l. c. 17.

31) E. Weiss, l. c. 19.

32) H. Gerdien, l. c. 18.

für den großtropfigen Regen ausschließlich positive Eigenelektrizität fordert. Daß auch negativer Regen vorkommt, läßt sich nach der älteren Anschauung vom Wesen der Wasserfallelektrizität, wie bemerkt, durch Adsorption der negativen Ionen der Luft an fallenden Tropfen erklären. Nach Lenards schärferer Feststellung muß die negative Elektrizität von vornherein an den allerfeinsten Tröpfchen haften, die während des Zerfalles der größeren Tropfen aus ihrer Oberfläche herausgerissen werden.

Schwierigkeiten für die Theorie treten indessen, wie schon Simpson[33]) selbst bemerkt, gegenüber dem Landregen ein, in dem die Tropfen überhaupt nicht die zum Zerfall nötige Größe und Relativgeschwindigkeit gegen die Luft erreichen. Hier soll ein Zerspritzen durch Zusammenstoß großer und kleiner Tropfen oder bei plötzlichem Wechsel der Windrichtung und Stärke die Elektrizitätsentwicklung verursachen. Es ist schwer zu verstehen, wie bei diesen Vorgängen Wasserteilchen aus der molekularen Oberflächenschicht der Tropfen herausgeschleudert werden können, worin doch eben nach Lenard die Vorbedingung für das Auftreten der Wasserfallelektrizität liegt.

Für das negative Zeichen des Potentialgefälles im Erdfelde während eines Landregenfalles würde man übrigens ohne weiteres die am Erdboden selbst entwickelte Wasserfallelektrizität verantwortlich machen können[34]). Es wäre zweckmäßig, durch Ballonbeobachtungen festzustellen, wie hoch die das Feld umkehrende negativ geladene Schicht in solchen Fällen in die Atmosphäre hinaufreicht; ist sie durch das Zerspritzen der Tropfen am Erdboden erzeugt, so kann ihre Höhe nur gering sein.

Weitere Schwierigkeiten ergeben sich gegenüber der Elektrizität des Schnees und der festen Niederschlagsprodukte überhaupt. Es bedarf keinerlei Erläuterung, daß eine auf die Wasserfallwirkung aufgebaute Theorie ihrer Natur nach nicht zur Erklärung dieser Gruppe von Erscheinungen geeignet ist, mindestens sind neue Voraussetzungen dazu erforderlich. Nach Simpson sollen bei den Zusammenstößen der festen Niederschlagsteilchen diese selbst positiv, die herausgeschleuderte Luft negativ elektrisch werden, wobei auf die Versuche von Rudge[35]) über Elektrizitätsentwicklung in aufgewirbeltem Staube verschiedener Beschaffenheit hingewiesen wird. Lenard denkt an oberflächliche Verpulverung der in der Luft schwebenden Niederschlagsteilchen unter dem Einflusse tumultuarischer Luftströme oder an die schon von Sohncke[36]) zur Erklärung der Gewitterelektrizität herangezogene Reibungselektrizität zwischen Wasserstaub und Eiskörnern, bei der nach Lenard wiederum die Zerreißung der elektrischen Doppelschicht auf den Wassertröpfchen die eigentliche Ursache der Elektrizitätsscheidung sein würde.

Man sieht, das einheitliche Bild, durch das sich die Simpsonsche Auffassung empfahl, wird durch die Hereinbeziehung der festen Niederschläge entstellt und wenn es auch unbillig ist für eine Naturerscheinung, wie die Niederschlagselektrizität grundsätzlich eine einzige Ursache zu fordern, so empfindet man es doch als eine drückende Zumutung, bei einem Wintergewitter mit Schneefall an andersgeartete elektrische Vorgänge denken zu müssen als bei sommerlichem von Blitz und Donner begleiteten Platzregen. Dazu kommt, daß feste und flüssige Niederschläge bei ein und demselben Gewitter abwechseln können, ja, daß ihr Auftreten anscheinend nur von der Höhe abhängt, in der man sie entnimmt. Jeder, der im Hochgebirge im Sommer ein Gewitter erlebt hat, weiß, daß oberhalb einer gewissen Höhenstufe nur Schnee, Hagel und Graupeln fallen und daß gerade in diesem Bereiche der Wolken die Elektrizitätsentwicklung sehr lebhaft ist. Nach den Aufzeichnungen über Elmsfeuer auf dem Sonnblick ist dabei das Erdfeld ebenso wechselnd wie im Flachlande[37]). Das einzige in diesen Höhen vorhandene flüssige Wasser ist das der in übererkaltetem Zustande befindlichen Nebeltröpfchen der Wolke.

Es liegt bei unbefangener Betrachtung der Sachlage eigentlich näher, die Elektrizitätsentwicklung im Gewitter, wie es schon Sohncke tat, von vornherein in denjenigen Höhenstufen zu suchen, die das Wasser in fester Form (abgesehen von den Nebeltröpfchen) enthalten. Hierbei würde allerdings die Frage nach der Ursache der Elektrizitätserregung vor der Hand wieder offen bleiben. Man steht daher auf meteorologischer Seite aufs neue der ebensowenig bestätigten wie widerlegten Auffassung von Sohncke gegenüber, nach der das Vorhandensein von Eis oder Schnee unter den Verdichtungsprodukten des Wasserdampfes in den Wolken eine notwendige Vorbedingung für das Gewitter ist, während für den Physiker die Untersuchung der bei Berührung von Wasser

33) G. C. Simpson, l. c. 13.
34) P. Lenard, l. c. 6.
35) Douglas Rudge, Phil. Mag. (6) **25**, 481, 1913.
36) L. Sohncke, Der Ursprung der Gewitterelektrizität und der gewöhnlichen Elektrizität der Atmosphäre. Jena 1885.
37) J. Elster u. H. Geitel, Wien. Ber. **101**, IIa, 1485, 1892, und **104**, IIa, 42, 1895.

und Eis oder Eis gegen Eis verschiedener Struktur auftretenden elektromotorischen Kräfte erneutes Interesse gewinnt[38]).

Bei vorsichtiger Beurteilung von Theorie und Beobachtungsergebnissen werden wir demnach zu folgenden zusammenfassenden Sätzen gelangen.

Elektrische Aufladungen, sowohl positive wie negative, können an Nebeln und Wolken durch Ionenadsorption unter Mitwirkung des Erdfeldes entstehen. Das Erdfeld wird durch diese Ladungen gestört, Niederschläge aus solchen Wolkenschichten können selbst positiv oder negativ elektrisch sein. Die Simpsonsche Theorie der Gewitterelektrizität, die sich auf die Elektrizitätserregung beim Zerblasen von Wassertropfen gründet, bedarf noch der weiteren Annahme, daß dieser Vorgang an fallenden Regentropfen in elektrisch wirksamer Weise erfolgt, d. h. daß feinster Wasserstaub aus der äußersten Oberflächenschicht der Tropfen abgerissen wird. Es ist vielleicht möglich, daß die hierzu erforderliche stürmische Luftbewegung in den Gewitterwolken vorkommt, als sehr zweifelhaft muß dies bei den ruhigen Landregen bezeichnet werden.

Die Schwierigkeit, die der Erklärung der elektrischen Ladungen fester Niederschläge durch eine auf die Wasserfallwirkung gegründete Theorie gegenübersteht, ist von grundsätzlicher Bedeutung. Da man deshalb genötigt wäre, eine besondere Quelle für die Eigenelektrizität der ausschließlich in Gestalt von Eis fallenden Niederschläge anzunehmen und das regelmäßige Vorkommen von Eis in den Gewitterwolken mindestens nicht unwahrscheinlich ist, so erscheint es fraglich, ob man einer auf das Verhalten flüssigen Wassers aufgebauten Theorie des Gewitters überhaupt noch bedarf.

Daß im übrigen durch die Wasserfallwirkung des Regens Störungen des Erdfeldes in unmittelbarer Nähe der Erdoberfläche eintreten können, ist ohne weiteres ersichtlich.

Es möge nun noch in Kürze zweier in den letzten Jahren viel genannter Theorien der Niederschlagselektrizität gedacht werden: der Wilson-Gerdienschen[39]), die auf der Ausfällung der Luftionen durch kondensierenden Wasserdampf begründet ist und der vom Schreiber dieses Berichts im Verein mit J. Elster aufgestellten Influenztheorie.

Die erstere schien das Rätsel der Niederschlagselektrizität in besonders glücklicher Weise zu lösen, da sie mit ihm zugleich die eingangs erwähnte Hauptschwierigkeit der allgemeinen Lehre von der Luftelektrizität zu überwinden versprach.

Ihre Grundlage bilden die bekannten Versuche von C. T. R. Wilson[40]) über die verschiedene Wirksamkeit der negativen und positiven Ionen als Ansatzkerne für die Nebelbildung in mit Wasserdampf übersättigter Luft. Läßt man Luft, die mit flüssigem Wasser in Berührung steht, sich plötzlich entspannen, so tritt bekanntlich Nebelbildung auf. In gewöhnlicher, der freien Atmosphäre entnommener Luft sind es die Staubteilchen, an denen vorzugsweise die Kondensation der Wassertröpfchen erfolgt. Durch eine Reihe hintereinander vorgenommener abwechselnder Entspannungen und Verdichtungen einer abgeschlossenen Luftmenge läßt sich der Staub völlig entfernen, indem er mit den sinkenden Tröpfchen zu Boden geführt wird. Ionisiert man die so vom Staube befreite Luft, etwa durch Röntgenstrahlen, so bringt eine Entspannung im Verhältnis von 1,25 : 1 aufs neue eine kräftige Nebelbildung hervor, indem die Ionen als Ansatzkerne für die Kondensation des Wasserdampfes wirken. Durch ein besonderes Hilfsmittel, nämlich durch Teilung der Nebelkammer mittelst einer geerdeten metallischen Scheidewand, in deren unmittelbarer Nähe und parallel zu welcher beiderseits ein schmales Bündel von Röntgenstrahlen einfällt und durch Erregung eines elektrischen Feldes in jeder Abteilung, so daß die beiden Seiten der Scheidewand sich entgegengesetzt aufladen, erreicht man, daß die eine Hälfte nur freie negative, die andere nur positive in Wanderung begriffene Ionen enthält. Läßt man nun gleichzeitig in beiden Abteilungen die Luft sich entspannen, so findet man, daß in der negativen die Nebelbildung bei dem Entspannungsverhältnis 1,25 : 1 einsetzt, während in der positiven ein höherer Übersättigungsgrad, entsprechend dem Verhältnis 1,38 : 1 dazu erforderlich ist. Man schließt hieraus, daß bei adiabatischer Entspannung staubfreier Luft die negativen Ionen bei einer geringeren Übersättigung von dem Wasser belegt werden als die positiven.

Nun ist durch radioaktive Vorgänge bekanntlich die atmosphärische Luft in gewissem Grade ionisiert.

In einem aufsteigenden Luftstrome wird, sobald der Taupunkt erreicht ist, zunächst der Staub die Ansatzkerne der Wolkenbildung liefern. Darf man annehmen, daß durch die

38) Hier käme besonders in Frage der von A. Coehn gefundene Zusammenhang der Berührungselektrizität bei Dielektriken mit der Dielektrizitätskonstante.

39) H. Gerdien, diese Zeitschr. **6**, 647, 1905.

40) C. T. R. Wilson, Phil. Trans. **193**, 289, 1899.

fallenden Niederschläge der Staub allmählich zu Boden getragen wird, so könnte eine nochmalige Kondensation bei weiterem Ansteigen der Luft an den Ionen eintreten, und zwar zunächst ausschließlich an den negativen. Gesetzt, auch diese wären durch den Niederschlag ausgefällt, so kämen bei fortgesetztem Aufsteigen der Luft auch die positiven Ionen an die Reihe.

Im allgemeinen wäre demnach ein Vorwiegen negativer Ladungen auf den Niederschlägen zu erwarten. In Regen- und Niederschlagsgebieten überhaupt würde demnach der Erde insgesamt ein größerer Betrag an negativer als an positiver Elektrizität zugeführt, und so eröffnete sich die viel versprechende Aussicht, außer der Eigenelektrizität der Niederschläge auch noch die ständige Zufuhr an negativer Ladung zur Erde zu erklären, deren man ja für die Aufrechterhaltung des Erdfeldes notwendig bedarf.

Die Theorie hat indessen die daran geknüpften Erwartungen nicht erfüllt. In einer eingehenden Kritik zeigte G. C. Simpson[41]), daß die tatsächlich vorhandene Ionisierungsstärke der atmosphärischen Luft auch bei günstigster Annahme nicht ausreicht, um durch den vorausgesetzten Vorgang der Ionenscheidung den Elektrizitätsverbrauch eines normalen Gewitters zu decken. Ob zudem in der Atmosphäre die zur Ausfällung der Ionen notwendigen Übersättigungsgrade vorkommen können, ist zweifelhaft und möge dahingestellt bleiben. Am schwerwiegendsten erscheint der Einwand, daß eine Elektrizitätsscheidung in ionisierter Luft durch kondensierenden Wasserdampf überhaupt noch nicht durch den Versuch nachgewiesen ist. Bei der Methode von Wilson war die Trennung der Ionen vor der Entspannung der Luft durch ein elektrisches Feld bewerkstelligt. Wenn nun diese Versuche auch zu dem Schlusse berechtigen, daß in Luft, die gleichviel Ionen beiderlei Zeichens enthält, die negativen vor den positiven von dem kondensierenden Wasserdampfe belegt werden, so wäre eine räumliche Scheidung der freien Elektrizitätsmengen dadurch noch keineswegs gewährleistet. Vielmehr würden die positiven Ionen zu den negativ geladenen Nebeltröpfchen heranwandern und ihre Ladung neutralisieren, da die geringe Fallbewegung der Nebelteilchen nicht hinreicht, sie schnell genug aus dem Bereiche der positiven Ionen zu entfernen.

Schließlich darf nicht außer acht gelassen werden, daß die Theorie mit der Beobachtung im Widerspruch stehen würde, wenn man als gesicherte Tatsache das Überwiegen positiver Ladungen auf den Niederschlägen annimmt.

Im Gegensatz zu allen den besprochenen Auffassungen von der Natur der Niederschlagselektrizität bedeutet die Influenztheorie den Verzicht auf die Annahme irgendwelcher besonderer, zwischen Wasser, Eis, Schnee und Luft tätiger elektromotorischer Vorgänge. Sie betrachtet das Wasser nur als Leiter der Elektrizität und sieht in den Niederschlagsteilchen, die einander im Fallen überholen, sich berühren und trennen, die Grundbestandteile einer Influenzmaschine, die ein bereits vorhandenes elektrisches Feld zu stetig anwachsenden Beträgen steigert.

An der Fassung der Theorie[42, 43]) mußte im Laufe der Zeit (30 Jahre), wie wohl zu entschuldigen sein dürfte, manches, und zwar nicht nur Nebensächliches geändert werden. Den Grundgedanken möchten wir aber auch heute noch zur Beachtung empfehlen.

In einem elektrischen Felde, dessen Kraftlinien in der Richtung der Senkrechten verlaufen, befinde sich ein leitender Körper. Wir denken beispielsweise etwa an das normale Kraftfeld der Erde und einen fallenden Wassertropfen. Der letztere wird sich elektrisch polarisieren, die nach unten gewandte Fläche bedeckt sich mit positiver, die obere mit negativer Elektrizität. Auf seinem Wege durch die Luft treffe der Tropfen mit einem kleineren zusammen, dessen Fallgeschwindigkeit daher geringer ist. Wenn dieser letztere an der unteren Fläche des ersteren abprallt, so nimmt er negative Ladung mit, die mit ihm durch den aufsteigenden Luftstrom nach oben geführt wird. Man sieht, die Begegnung der beiden Niederschlagsteilchen in der angenommenen Weise wirkt feldverstärkend, die freien Elektrizitätsmengen werden entgegengesetzt den Feldkräften verlagert. Auf die Natur der Teilchen kommt es dabei nicht an, nur müssen beide ein gewisses Maß von elektrischer Leitfähigkeit haben. Die Möglichkeit liegt dann vor, daß sich ein schon vorhandenes elektrisches Feld durch den Niederschlagsfall allmählich verstärkt, bis Entladungen auftreten.

Nimmt man Wassertropfen als die bei dem Vorgange beteiligten Leiter an, so steht man vor der von uns schon anfangs erkannten und neuerdings von Herrn G. C. Simpson[44]) wieder hervorgehobenen Schwierigkeit, wie ein elek-

41) G. C. Simpson, Phil. Mag. (6) **17**, 619, 1909.

42) J. Elster u. H. Geitel, Wied. Ann. **25**, 116 u. 121, 1885.

43) J. Elster u. H. Geitel, diese Zeitschr. **14**, 1287, 1913.

44) G. C. Simpson, l. c. 13.

trisch wirksamer Kontakt der beiden ohne Zusammenfließen zu denken sei. Wir haben seinerzeit gezeigt[45]), daß Wassertröpfchen aus der Wolke eines Zerstäubers von einer freien Wasseroberfläche zum Teil zurückgeworfen werden und dabei elektrische Ladungen von dieser mitnehmen.

Herr Simpson zweifelt die Beweiskraft dieses alten Versuches an, indem er darauf hinweist, daß nach neueren Untersuchungen von A. S. Eve[46]) bei der Zerstäubung von Wasser Elektrizitätsträger beiderlei Vorzeichens in der Luft entständen. Daher könne die Übertragung der elektrischen Ladungen möglichenfalls nicht durch das abprallende Wasser, sondern durch jene elektrisierten Teilchen erfolgt sein.

Es ist einzuräumen, daß es notwendig sein wird, jenen Versuch unter Berücksichtigung dieser Fehlerquelle zu wiederholen, zumal die Versuche von Eve in Widerspruch zu den Ergebnissen anderer Physiker[47]) stehen, die allein negative Elektrizitätsträger bei der Zerstäubung reinen Wassers fanden.

Das Wesentliche der Influenztheorie der Niederschlagselektrizität wird indessen durch diesen Einwand nicht getroffen, da auch die Begegnung von Eisteilchen (Graupeln und Schneekristallen) in einem elektrischen Felde in entsprechender Weise wirksam sein muß, wenn man den sich berührenden Körpern ein ausreichendes Leitvermögen zuschreiben darf. Das Abprallen des kleinern Körpers an der Unterseite des größern erscheint hier von vornherein viel gesicherter, als bei der Begegnung von Wassertropfen. Untersuchungen über den Grad der Leitfähigkeit von Eis in der Nähe des Schmelzpunkts wären allerdings noch erforderlich, bei tiefen Temperaturen ist bekanntlich das Eis ein Nichtleiter.

Herr Simpson[48]) bemerkt ferner, daß die behauptete Influenzwirkung nur zu einer Verstärkung eines einmal vorhandenen elektrischen Feldes führen könne, Umkehrungen der Feldrichtung seien der Natur der Sache nach ausgeschlossen.

Bei horizontaler Schichtung der Wolke, d. h. bei gleicher Phase der in ihr ablaufenden Prozesse für alle in denselben Horizontalebenen befindlichen Punkte müßte allerdings eine dauernde Zunahme der Feldstärke erfolgen, Umkehrungen der Feldrichtung — sofern Entladungen ausgeschlossen werden — könnten nicht eintreten. Nun beruht aber eine von vielen Meteorologen angenommene Sondereigenschaft der Böen und der Gewitter gerade in dem Auftreten von Luftwirbeln mit horizontaler Achse[49]). Es ist doch wohl vorstellbar, daß die Umlagerung der elektrisierten Massen auch eine Umkehrung der Feldrichtung nach sich zieht.

Die Influenztheorie des Gewitters kann ihrer Natur nach nicht den Anspruch auf Vollständigkeit erheben, da sie ja das Vorhandensein eines elektrischen Feldes zur Voraussetzung hat. Hierin liegt eine Schwäche, der eine gewisse Stärke darin gegenübersteht, daß sie im wesentlichen nicht die physikalischen, sondern die geometrischen Eigenschaften der Niederschlagsteilchen benutzt, also rein qualitativ betrachtet eine gewisse Wirkung in ihrem Sinne mit Sicherheit behaupten darf. Ein weiterer Mangel liegt ohne Zweifel in ihrer bis jetzt nicht überwindbar gewesenen Unzugänglichkeit gegenüber dem Versuche, womit das Fehlen jeder quantitativen Abschätzbarkeit zusammenhängt. Die Herstellung von Modellen, die im Sinne des Grundgedankens wirken müßten, wäre ja nicht schwierig, doch bliebe ihre Übertragbarkeit auf die wirklichen Vorgänge im Gewitter mehr als zweifelhaft.

Eine Erscheinung, die zugunsten der Influenztheorie spricht, ist das oben erwähnte öfters und anhaltend vorkommende Zusammentreffen positiver Ladungen des Niederschlages mit negativer Richtung des Erdfeldes und umgekehrt.

Wenn nicht Fehler in der Beobachtungsmethode vorliegen, so würde, wie schon oben bemerkt, hierbei das Erdfeld durch den Niederschlagsfall verstärkt und es liegt nahe zu schließen, daß gerade in solchen Fällen das Spiel der gedachten Influenzmaschine in ungestörter Weise vom Erdboden aus wahrnehmbar wird.

Jedenfalls scheint es nicht rätlich, eine an sich zulässige Betrachtungsweise aufzugeben, bevor sich ihre Unfruchtbarkeit erwiesen hat, oder ein vollwertiger Ersatz in einer alle wesentlichen Erscheinungen des Gebiets umfassenden Theorie gefunden ist.

45) J. Elster u. H. Geitel, l. c. 42.
46) A. S. Eve, Phil. Mag. (6) **14**, 382, 1907.
47) K. Kähler, Ann. der Phys. **12**, 1119, 1903; A. Coehn u. H. Mozer, Ann. d. Phys. **43**, 1048, 1914.
48) G. C. Simpson, l. c. 13.
49) J. Hann, Lehrbuch der Meteorologie. Leipzig 1906, S. 519.

(Eingegangen 22. August 1916.)

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Ernannt: Dr. Ivar Cederberg zum Dozenten für allgemeine und physikalische Chemie an der Hochschule Stockholm, der ständige Mitarbeiter am kaiserlichen Gesundheitsamte in Berlin Dr. Jodokus Fiehe zum Leiter der chemischen Abteilung an der Akademie Posen.

Berufen: Der ord. Professor der Experimentalphysik an der Universität Greifswald Dr. Gustav Mie in gleicher Eigenschaft an die Universität Halle, der Privatdozent an der Universität Kiel Dr. Alexander Wilkens zum Professor der Astronomie und Leiter der Sternwarte an der Universität Breslau (vgl. hierzu die Notiz auf S. 216).

Verliehen: Dem Privatdozenten der Physik an der Universität Wien Dr. Karl Przibram der Titel Professor.

Gestorben: Der frühere ord. Professor der Meteorologie an der Universität Christiania Dr. Henrik Mohn, der Präsident der Königl. Spanischen Akademie der exakten, physikalischen und Naturwissenschaften Dr. José Echégaray (Mathematiker und Ingenieur), der ord. Professor der mathematischen Physik an der Universität Bordeaux Pierre Duhem.

Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1916/17*).

Technische Hochschule Aachen.

Stark: Experimentalphysik I: Mechanik, Elektrodynamik, 4; Physikalisches Praktikum: a) Praktische Übungen aus allen Teilen der Physik, für Anfänger, 4 oder 6, b) Anleitung zu selbständigen physikalischen Untersuchungen (Dissertationen), tägl., c) Physikalisches Handfertigkeitspraktikum, 2. — **Seitz:** Mechanische Wärmetheorie, 2; Theoretische Physik: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 2; Experimentalphysik, enzyklopädischer Kursus: Mechanik, Elektrizität, Magnetismus, 2. — **Steubing:** Photographie, 1, Übungen, 2. — **Schreber:** Technische Thermodynamik, 2. — **Grotrian:** Physikalische Grundlage der Elektrotechnik, 5; Theoretische Elektrotechnik, 3. — **Rasch:** Elektrische Bahnen, 1; Einleitung in die Elektrotechnik, 2; Konstruktionslehre der Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 2. — **Finzi:** Elektrische Zentralanlagen und Leitungen, 2. — **Hamacher:** Praktische Telegraphie und Telephonie, 2.—

Bredt: Organische Experimentalchemie II, 3; Organisches Praktikum (mit Lipp). — **Classen:** Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 4; Anorganisches Praktikum (mit Fischer, Scheen, Schleicher, Laas, Demeure, Rolling und Wolf); Elektroanalytisches und Elektrochemisches Praktikum. — **Rau:** Chemische Technologie I (Allgemeine Feuerungskunde), 2, III, 2; Entwerfen von chemischen Apparaten und Fabrikanlagen, Übungen, 4; Chemisch-technisches Praktikum (mit Lambris und Salmang). — **Ruer:** Physikalische Chemie I, 3; Übungen in physikalischer Chemie, für Hüttenleute, 3, für Chemiker, 1 Vormittag, für Fortgeschrittene; Allgemeines hüttenmännisches Praktikum, 3. — **Schumacher:** Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2. — **Lambris:** Untersuchung von Brennstoffen, 2. —

Blumenthal: Höhere Mathematik I, 6 und 4, Übungen, 2. — **Hamel:** Höhere Mathematik II, 3, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel der Mathematik: Lineare Integralgleichungen, 2 *g*. — **v. Kármán:** Mechanik I, 5, Übungen, 1, II, 3, Übungen, 1; Flugtechnische Aerodynamik, 2 *g*. — **Kötter:** Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der graphischen Statik, 1. — **Gast:** Praktische Geometrie I, 3; Geodätisches Praktikum I, 2; Geodätische Ausarbeitungen, Übungen, 4; Eisenbahntrassieren, 2; Höhere Geodäsie, 2. — **Wilski:** Übungen im Markscheiden und Feldmessen (mit Wandhoff und Nysten), 1/2 Tag; Abriß der Markscheide- und Feldmeßkunde, 2; Ausgleichungsrechnung, 2, Übungen, 1; Geophysik, 1; Trigonometrische Übungen, 1. — **Wandhoff:** Markscheiden und Feldmessen I, 4; Markscheiderische Zeichen- und Rechenübungen, 2. —

*) Die Vorlesungsverzeichnisse für Wien (Universität und Technische Hochschule), sowie für Brünn und Prag (Technische Hochschule) waren bis zum Schluß der Nummer noch nicht eingegangen und folgen in einem Nachtrage.

Universität Basel.

Hagenbach: Experimentalphysik II: Optik, Wärme und Elektrizität, 6; Physikalisches Praktikum für Vorgerücktere, ganztägig, für Anfänger (mit Veillon und Zickendraht), 8; Physikalisches Kolloquium, 14 tägig, 2 *g*. — **Veillon:** Versuche mit Hertzschen Wellen, 2. — **Matthies:** Einleitung in die theoretische Physik, 5, Übungen, 1 *g*. — **Zickendraht:** Elektromedizinische Apparate in elementarer Darstellung mit Demonstrationen, 2; Einführung in die Spektroskopie, 2. —

Rupe: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Vollpraktikum für organische Chemie, tägl.; Chemisches Kolloquium (mit Fichter und Bernoulli), 1 *g*. — **Fichter:** Elektrochemie, 2; Maßanalyse und Gasanalye, 1; Analytisches Halbpraktikum für Anfänger, 9, für Mediziner: Übungen in der qualitativen Analyse; Chemisches Vollpraktikum: Anorganische und elektrochemische Übungen und Arbeiten, tägl. — **Kreis:** Chemie der Nahrungs- und Genußmittel I, 2; Übungen in der Untersuchung von Lebensmitteln, 4; Arbeiten im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. — **Bernoulli:** Die optischen Methoden des Chemikers, 1, Übungen und Demonstrationen, 2; Metallurgie, mit spezieller Berücksichtigung physikalisch-chemischer Probleme, 1; Physikalisch-chemisches Praktikum, für Anfänger, 4; Physikalisch-chemisches Vollpraktikum: Übungen und Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.

Hecke: Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen: Proseminar, 1; Funktionentheorie komplexer Variabler, 4; Mathematisches Seminar (mit Spieß), 1; Seminar über moderne Theorien der Physik (mit Matthies), 2. — **Spieß:** Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 3; Variationsrechnung, 2, Übungen, 1 *g*; Geschichte der Mathematik, 1. — **Flatt:** Pädagogisches Seminar, math.-naturwissenschaftliche Abteilung I, 3; Projektive Geometrie, 2. — **Knapp:** Praktische Astronomie und Instrumentenkunde, 2; Populäre Astronomie II: Astrophysik, 1; Erdbeben, 1; Astronomische Übungen auf der Sternwarte, für Anfänger, 2, für Vorgerücktere, 3. —

Universität Berlin.

Rubens: Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 5, Mathematische Ergänzung, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, 1 1/2 *g*; Arbeiten im Physikalischen Laboratorium, für Geübtere (mit Wehnelt), tägl. — **Planck:** Elektrizität und Magnetismus, 4, Übungen, 1 *g*. — **Wehnelt:** Mathematische Ergänzungen zum physikalischen Praktikum, 1 *g*; Praktische Übungen für Anfänger I und II (mit Blasius), 7; Physikalisches Praktikum für Pharmazeuten, 3; Praktikum zur Erlangung von Handfertigkeit für das physikalische Arbeiten, 3. — **Einstein:** Relativitätstheorie, 2. — **Hellmann:** Allgemeine Klimatologie, 2; Meteorologisches Praktikum, 2. — **Warburg:** Über Wechselströme und elektromagnetische Wellen, 2. — **Schmidt:** Gezeiten und Meeresströmungen, 2; Ausgleichungsmethoden, 1 *g*. — **Neesen:** Elektrische Schwingungen, drahtlose Telegraphie, 2. — **Blasius:** Übungen im Anschluß an

das Praktikum, 1 *g*. — **E. Meyer**: Moderne Maschinentechnik, 2; Technische Exkursionen, 14tägig, nachmittags *g*. — **Born**: Kinetische Theorie der festen Körper, 3; Kapillarität, 1 *g*. — **Weinstein**: Mechanik, 4; Physik der Atome, 2; Deutschland auf dem Gebiete der exakten Naturwissenschaften, 1 *g*. — **Martens**: Anleitung zu physikalischen Untersuchungen, tägl. — **Krigar-Menzel**: Mechanik der Massenpunkte und starren Körper, 4. — **Leß**: Praktische Witterungskunde, 2. — **Byk**: Mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 2. — **Henning**: Theorie der elektrischen Wellen nebst Anwendung auf drahtlose Telegraphie, 2. — **Reichenheim**: Korpuskulare Strahlung, 1 *g*. — **Reiche**: Theorie der Beugung, 2. — **Scheffer**: Angewandte wissenschaftliche Photographie, 1; Grundlagen der Mikroskopie und Mikrophotographie, 1 *g*. —

Fischer: Anorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Arbeiten im Chemischen Laboratorium (mit Gabriel, Traube, Leuchs, Stähler, Schoeller und Schrauth), tägl., Kursus für Mediziner und Zahnärzte (mit Schrauth und Schoeller), 6. — **Nernst**: Physikalische Chemie, 4; Physiko-chemisches Kolloquium, 1 *g*; Praktische Übungen und Arbeiten im physikalisch-chemischen Laboratorium: a) anorganisch-chemisches Praktikum (mit Marckwald), tägl., b) Physiko-chemische Übungen, 7, c) Physiko-chemische Arbeiten, tägl. — **Beckmann**: Chemische Untersuchungen im Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie, tägl. — **Wichelhaus**: Technologie, ausgewählte Kapitel: Organische Stoffe, 2 *g*; Anleitung im Institut (mit Großmann), tägl.; Übungen im Institut (mit Großmann), tägl. — **Thoms**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, mit Experimenten, 4; Toxikologische Chemie, mit Experimenten, 1½; Sterilisation der Arzneimittel, mit Experimenten, 1; Praktische Übungen in der chemischen Analyse, in der chemischen Prüfung und Wertbestimmung von Arzneimitteln, in der Nahrungsmittelchemie, tägl. — **Traube**: Qualitative chemische Analyse, 1½. — **Stock**: Kolloquium über anorganisch-chemische Tagesfragen, 1; Chemische Untersuchungen im Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie, tägl. — **Biedermann**: Teerfarbstoffe, 2. — **Fock**: Einleitung in die Physik und Chemie, 1; Kristallstruktur und Kristallphysik, 1. — **Rosenheim**: Anorganisch-chemisches Praktikum (mit Meyer), tägl.; Übungen in der Experimentalchemie (besonders für Lehrer und Lehrerinnen) (mit Meyer), 8; Praktische Übungen in der Gas- und Maßanalyse, 4. — **v. Buchka**: Geschichte der Chemie, 2; Chemie der Nahrungsmittel, Genußmittel und Gebrauchsgegenstände, 4. — **Jacobson**: Heterozyklische Verbindungen, ausgewählte Kapitel, 1 *g*. — **Emmerling**: Chemische und mikroskopische Wasseranalyse, 1. — **Spiegel**: Organische Chemie, 3. — **Neuberg**: Arbeiten auf dem Gebiete der Biochemie, tägl.; Organisch-chemische Arbeiten, tägl. — **Sachs**: Chemie der Farbstoffe, 1. — **Koppel**: Das chemische Gleichgewicht, 1 *g*. — **Meisenheimer**: Anorganische Experimentalchemie, 4; Anorganisch- und organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Großmann**: Besprechung chemisch-technischer und wirtschaftlicher Tagesfragen: Kriegsprobleme, für Chemiker, Nationalökonomen und Juristen, mit Exkursionen, 1½. — **Houben**: Arbeitsmethoden der organischen und anorganischen Chemie I, 1. — **Leuchs**: Einführung in die organische Chemie I: Aliphatische Verbindungen, 1 *g*. — **Pringsheim**: Einführung in die Physiologische Chemie, 1½. — **Anselmino**: Arzneibuch, 1. — **Lenz**: Einführung in die chemische Untersuchung von Blut, Harn, Kot, Magensaft usw., 2. — **Schrauth**: Chemie und Technologie der Fette und Öle, 1. — **Schoeller**: Die chemischen Grundlagen der Ehrlichschen Chemotherapie, 1 *g*. —

Schwarz: Differentialrechnung, 4, Übungen, 14tägig, 2 *g*; Theorie der analytischen Funktionen II, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Lehre von den Minimalflächen, 2 *g*; Mathematisches Seminar (mit Frobenius und Schottky), 2 *g*. — **Foerster**: Geschichte der Astronomie, 2 *g*; Grundlehren der Zeit- und Ortsbestimmung, 1 *g*; Die meteorischen und elektrischen Einwirkungen aus dem Himmelsraume, 1 *g*. — **Helmert**: Die Geodätische Linie in der Erdmessung, 1 *g*. — **Frobenius**: Algebra, 4. — **Schottky**: Theorie der Flächen zweiter Ordnung, 4; Elementare Analysis, 2. — **Struve**: Sphärische Astronomie, 3; Übungen im Beobachten, in Neubabelsberg, *g*. — **Cohn**: Himmelsmechanik I, 4; Übungen im Seminar für wissenschaftliches Rechnen, 2 *g*. — **Rothe**: Analytische Geometrie, 4. — **Knopp**: Ergänzungen zur Differential- und Integralrechnung, insbesondere Gammafunktion, Fouriersche Reihen, mehrfache Integrale, 4; Funktionentheorie I, 4; Mathematische Übungen für mittlere Semester (mit Schur), 14 tägig, 2 *g*. — **Schur**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Mengenlehre, 2; Lineare Differentialgleichungen, 2. — **Guthnick**: Photometrie der Gestirne, 2. — **Marcuse**: Geographische Ortsbestimmung, mit Übungen, 1½; Einführung in die mathematische Geographie und Erdphysik, mit Lichtbildern, 1½; Allgemeine Himmelskunde, mit Lichtbildern und gelegentlichen Fernrohrbeobachtungen, 1½. — **Witt**: Störungsprobleme, 2; Astronomische Instrumente, 2; Astronomische Übungen, 6. — **Schweydar**: Figur der Erde, 2; Das Innere der Erde, 1. —

Technische Hochschule Berlin.

Kurlbaum: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Elektrizität, 4; Physikalische Übungen, 4. — **Krigar-Menzel**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4; Theorie der Wärme: Thermodynamik, 2. — **Grunmach**: Magnetische und elektrische Maßeinheiten und Meßmethoden, 2; Physikalische Maßbestimmungen und Meßinstrumente, 4; Physikalische Übungen für Chemiker, 2. — **Kalischer**: Die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik II, 2; Grundzüge der Potentialtheorie und ihre Anwendung in der Elektrizitätslehre, 2; Elektrische Schwingungen und drahtlose Telegraphie, 1. — **Berndt**: Radioaktivität, 1. — **Felgentraeger**: Maß- und Gewichtswesen I, 2; Die Konstruktion der Spiegel- und Linseninstrumente, 2. — **Gehlhoff**: Physikalische Grundlagen der Beleuchtungstechnik, 2. — **Kaßner**: Wetterkunde für Techniker, mit Beispielen aus der Praxis, 1. — **Kock**: Hochspannungserscheinungen und Messungen, 2; Drahtlose Telegraphie und Hochfrequenztechnik, 3. — **Möller**: Neuere Theorie des Magnetismus, 2. — **Petzoldt**: Raum, Zeit, Bewegung, Äther, 1 *g*. — **Zehnder**: Angewandte Physik, 2. — **Günther**: Anwendung der Photographie zum Messen in der Technik: Photogrammetrie, mit Lichtbildern und Demonstrationen, 2. — **Orlich**: Theoretische Elektrotechnik II, 2, Übungen, 1, III, 2; Elektrotechnische Meßkunde I und II, 2; Elektrotechnisches Laboratorium I, II und III, 4, für Fortgeschrittene, tägl. — **Wedding**: Grundlagen der Elektrotechnik, 4, Übungen, 1; Elektromaschinenbau I und II (abgekürzte Vorlesung), 2; Beleuchtungstechnisches Laboratorium für Fortgeschrittene, tägl.; Elektrotechnik für Chemiker, 1; Elektrotechnik im Bergbau, 2, Übungen, 1. — **Franke**: Elektrische Fernmeldetechnik einschließlich drahtlose Telegraphie I: Grundlagen, 4, III: Anlagen, 2; Entwerfen von Instrumenten und Apparaten der Meß- und Fernmeldetechnik, Übungen, 2; Laboratorium für Fernmeldetechnik, 6, für Fortgeschrittene, tägl. — **Kloß**: Elektromaschinenbau II, 4, Übungen, 1; Entwerfen elektrischer Maschinen, 8; Elektrotechnisches Versuchsfeld, 4, für Fortgeschrittene, tägl. — **v. Parseval**: Motorluftschiffe, 2; Flugzeuge, 2; Übungen im Bau von Luftfahrzeugen, 2. — **W. Reichel**: Elektrische Kraftanlagen und Bahnen I, 2, III, 2; Entwerfen elektrischer Kraftanlagen und Bahnen, 2. — **Becker**: Flugmotoren und Luftschiffmotoren, 2. — **Benischke**: Allgemeine Wechselstromtechnik, 4; Spezielle Wechselstromtechnik für Hochspannungsanlagen, 1. — **Breslauer**: Berechnung und Prüfung elektrischer Maschinen nach den in der Praxis herrschenden Gepflogenheiten, 2. — **Faßbender**: Elektrische Messungen und Meßmethoden in Hochfrequenzkreisen und ihre praktische

Anwendung in der drahtlosen Telegraphie, 2, Demonstrationen, 14 tägig, 2. — **Gerstmeyer**: Kommutator-Motoren für Wechselstrom und Drehstrom, 1. — **Kurrein**: Die Herstellung und Prüfung der Meßmaschinen und Meßwerkzeuge, 1 *g*. — **Rüdenberg**: Elektrische Schaltvorgänge und Wanderwellen, 2. — **Wagner**: Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen, 2. — **Zehme**: Elektrische Haupteisenbahnen und Zwischenstadtbahnen, 2. — **Krell**: Schiffselektrotechnik, 2. — **Dietzius**: Luftschiffbau und Luftschiffahrt, 1. — **Schaffran**: Untersuchungen mit Luft- und Wasserpropellern, 1. —

Hofmann: Experimentalchemie, 4; Praktische Arbeiten im anorganischen Laboratorium, tägl.; Ausgewählte Kapitel aus der Chemie (mit Wirth), 2. — **v. Buchka**: Chemie der Nahrungsmittel mit Berücksichtigung der Nahrungsmittel-Analyse und Bakteriologie, 4; Chemisch-technische Analyse, 2. — **Dolezalek**: Physikalische Chemie einschließlich theoretische Elektrochemie, 4; Kleines physikalisch-chemisches und elektrochemisches Praktikum, 2 halbe Tage; Praktische Arbeiten im physikalisch-chemischen und elektrochemischen Institut, tägl. — **Holde**: Untersuchung von Fetten, Ölen, Wachsen und Seifen, 2. — **Miethe**: Spektralanalyse, mit Übungen, 2; Allgemeine Photographie: Apparatenkunde, Übersicht über die gebräuchlichen photographischen Prozesse, 2; Einführung in die photographische Optik, 1; Astronomische Photographie mit Übungen am photographischen Refraktor (300 mm), 1, Übungen, 3; Praktische Arbeiten im photochemischen Laboratorium, speziell für Photochemiker, tägl.; Photographische Übungen in den gebräuchlichen Prozessen, 16; Spektrographisches und spektralanalytisches Praktikum für Fortgeschrittenere, 1. — **Pschorr**: Organische Chemie I: Die offenen Kohlenstoff-Ketten, 4; Praktische Arbeiten im organischen Laboratorium, tägl. — **Reisenegger**: Chemische Technologie I: Technologie der Wärme und des Wassers, Technologie der anorganischen Verbindungen (Chemische Großindustrie), Apparatenkunde (mit Exkursionen), 4; Praktische Arbeiten im technisch-chemischen Institut, tägl. — **Traube**: Einleitung in die physikalische Chemie, 2; Physikalisch-chemische Übungen, 3; Chemie der Kolloide, 1. — **Arndt**: Die elektrochemische Industrie, 2. — **Börnstein**: Die Brennmaterialien, ihre Bearbeitung und Verwendung, 2. — **Bucherer**: Einführung in die Praxis des Patentwesens, 1. — **Byk**: Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 2. — **Endell**: Ausgewählte Kapitel der Mineralchemie, 1. — **v. Girsewald**: Über die Zusammensetzung und die Wertbestimmung der Brennstoffe, 1. — **Grüttner**: Stereochemie anorganischer Verbindungen I, 1. — **Herrmann**: Radioaktive Prozesse, 1. — **Just**: Chemische Reaktionskinetik, 1. — **Lehmann**: Die Farbenphotographie, 1. — **Liebermann**: Theorien der organischen Chemie, 1. — **Loewenherz**: Erläuternde Vorträge zu den Führungen durch das Chemische Museum: Anorganischer Teil, 1 *g*; Die Produkte der chemischen Industrie, ausgewählte Kapitel im Anschluß an die Sammlungen des Chemischen Museums: Anorganischer Teil, 1 *g*. — **Schaarschmidt**: Ausgewählte Kapitel aus der Teerfarbenchemie, 2. — **Scheibler**: Über heterozyklische Verbindungen, 1. — **Seegert**: Ausgewählte Kapitel aus der Spektralanalyse, 1. — **Simonis**: Repetitorium der organischen Chemie, 2. — **Treadwell**: Ausgewählte technisch-chemische Prüfungsmethoden, 1. — **Ullmann**: Technik der künstlichen Farbstoffe, 1. — **Voswinckel**: Einführung in die organische Chemie, 2. — **Wirth**: Analytische Chemie, 1. — **Wolffenstein**: Die Chemie der Alkaloide, 2. —

Dziobek: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2. — **Haentzschel**: Elemente der Differential- und Integralrechnung und der analytischen Geometrie, 4, Übungen, 2 *g*. — **Jolles**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 2. — **Korn**: Ausgewählte Kapitel der Potentialtheorie, 2. — **Lampe**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Bestimmte Integrale und Differentialgleichungen, 2. — **Rothe**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Vektoranalysis mit Anwendungen, 2. — **Scheffers**: Darstellende Geometrie I, 5, Übungen, 5. — **Wallenberg**: Ausgewählte Kapitel der Elementarmathematik, 2; Funktionentheorie I, 2; Potentialtheorie, 2. — **Schuberg**: Elemente der darstellenden Geometrie, 1, Übungen, 3; Maschinenelemente mit Übungen im Maschinenzeichnen, für Chemiker, 1, Übungen, 3; Allgemeine Maschinenlehre mit Übungen in Maschinenzeichnen, für Chemiker, 2, Übungen, 3; Die technischen Einrichtungen chemischer Fabriken II, 1, Übungen, 3. — **Böhmer**: Einführung in die Lebensversicherungswissenschaft, 2. — **Jacobsthal**: Ergänzungskursus für Mathematik, 2. — **Lichtenstein**: Fouriersche Reihen und Integrale nebst Anwendungen, 2. — **Pirani**: Elemente der graphischen Darstellung und des graphischen Rechnens, 1. — **Haußmann**: Niedere Geodäsie, 4; Geodätisches Praktikum I, 2; Planzeichnen, zugleich Bearbeitung der Aufnahmen, 2; Höhere Geodäsie, 2. — **Reißner**: Mechanik und graphische Statik I, 4, Übungen, 2, II, 6, Übungen, 4. — **Wolff**: Niedere Geodäsie im Abriß, 2. — **W. Hartmann**: Kinematische Geometrie und theoretische Kinematik, 2; Maschinengetriebe: Anwendungen der Kinematik, 2. — **E. Meyer**: Mechanik I, 4, Übungen, 2, II, 4, Übungen und Festigkeits-Laboratorium, 2; Aeromechanik und Mechanik der Flugzeuge, 2. —

Universität Bern.

Forster: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, Wärme, 6; Theoretische Optik, 1 *g*; Repetitorium der Physik, 2; Physikalisches Praktikum, 4, für Lehramtskandidaten, 4; Praktikum für wissenschaftliche Photographie, für Vorgerückte, 2. — **Gruner**: Elektromagnetische Lichttheorie, 3; Einleitung in die theoretische Physik, 1; Molekulare Wärmetheorie, 2; Seminar für theoretische Physik, nach Verabredung. — **Blattner**: Theorie der Wechselströme, 1. — **Luterbacher**: Dynamik der festen Körper, 2. —

Kohlschütter: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 6; Chemisches Praktikum, 6, für Mediziner, 8; Anorganisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Ephraim**: Einführung in die Elektrochemie, 2; Repetitorium der anorganischen Chemie, für Chemiker, 2; Elektrochemisches Praktikum, 4. — **Mai**: Repetitorium der anorganischen Chemie für Mediziner und Lehramtskandidaten, 1. — **Tambor**: Organische Chemie II, 5; Repetitorium der organischen Chemie I, 1; Organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Frl. Woker**: Arbeiten im Laboratorium für physikalisch-chemische Biologie, ganz- oder halbtägig; Übungen im Nachweis und in der Bestimmung von Fermentin, 2; Kurs für die Untersuchung von Körperflüssigkeiten: Harn, Blut, Milch, Magensaft, 4; Fermentin und Fermentmodelle, 1; Physikalisch-chemische Biologie, 2; Die Katalysatoren der Technik II, 1. — **Abelin**: Chemie der Fette und Lipoide, 1. — **Schaffer**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel I, 2; Chemische Technologie der Lebensmittelgewerbe, nach Verabredung. —

Graf: Kugelfunktionen I, mit Repetitorium, 3; Besselsche Funktionen I, mit Repetitorium, 3; Integralrechnung, mit Repetitorium (eventl.: Differential- und Integralrechnung), 3; Funktionentheorie I, 2; Differentialgleichungen II, 2; Renten- und Versicherungsrechnung II, 2; Mathematisches Seminar (mit Huber), $1^1/_2$. — **Huber**: Sphärische Astronomie I, 2; Analytische Geometrie der höheren ebenen Kurven, 3; Theorie und Anwendung der elliptischen Integrale, 2; Theorie und Anwendung der Determinanten, 1; Mathematisches Seminar (geometrische Richtung) (mit Graf), 1. — **Ott**: Algebraische Analysis II, 2; Sphärische Trigonometrie, mit Anwendungen, 2; Integralrechnung, 2; Analytische Geometrie II, 2; Darstellende Geometrie, Kurven, Strahlenflächen, reguläre Polyeder, 2; Mathematische Übungen, 1; Mathematische Übungen und Repetitorium, 1. — **Benteli**: Darstellende

Geometrie: Kurven, Strahlenflächen, reguläre Polyeder, 2, Übungen und Repetitorium, 2; Praktische Geometrie I, 1. — **Mauderli**: Wissenschaftliches Rechnen II, 1, Übungen, nach Verabredung; Astronomische Phänomenologie, 2. — **Crelier**: Zentralprojektion, 2; Geometrie der Bewegung I, 2. — **Berliner**: Elemente der Zahlentheorie, 2. — **Moser**: Mathematische Grundlagen der Witwen- und Waisenkassen, 1—2; Ausgewählte Kapitel der Versicherungslehre, 2; Das Makehamsche Gesetz und die Zahl *e*, 1; Mathematisch-versicherungswissenschaftliches Seminar, 1—2. — **Bohren**: Politische Arithmetik, 2; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2. —

Universität Bonn.

Kayser: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, Optik, 5; Laboratorium für Anfänger (mit Eversheim), 8, für Vorgeschrittene, tägl. — **Pflüger**: Theorie der Elektrizität, 5. — **Bucherer**: Neuere Elektrizitätslehre, 1. — **Eversheim**: Angewandte Elektrizitätslehre mit Übungen, 2; Grundzüge der Elektrotechnik (technische Vorlesung), 1 *g*. —

Anschütz: Experimentalchemie II: Organische Chemie, 6; Kolloquium über neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Chemie, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene, sowie für Pharmazeuten und Nahrungsmittelchemiker (mit Benrath, Frerichs und Kippenberger), tägl., für Mediziner (mit Benrath), tägl. außer Sonnabend. — **Rimbach**: Physikalische Chemie I: Atom- und Molekulartheorie, Eigenschaften der Stoffe, Verwandtschaftslehre, 3; Grundzüge der chemischen Thermodynamik, für Vorgeschrittene, 1 *g*; Chemisches Rechenseminar (mit Wintgen): Unterstufe: Stöchiometrische und chemisch-analytische Aufgaben, Oberstufe: Physikalisch-chemische Aufgaben, 14tägig, 2 *g*; Übungen in den wichtigsten physikalisch-chemischen Meßmethoden, 3. — **Wintgen**: Kolloidchemie, 2. — **Benrath**: Spezielle anorganische Chemie I, 1; Qualitative Analyse, 2; Übungen in der Gasanalyse, 3; Experimentierübungen für Lehramtskandidaten (mit Wintgen), 1. — **Frerichs**: Pharmazeutische Chemie I (anorganisch), 3, III: Zyklische Verbindungen, 1 *g*; Arzneimittelprüfung, 1. — **Gewecke**: Einführung in die Chemie, für Mediziner, 2; Repetitorium der anorganischen analytischen Chemie, 2. — **Mannheim**: Sterilisieren von Arzneimitteln, 1; Wasser- und Harnanalyse, 1; Einführung in das chemische Praktikum, für Pharmazeuten, 1. — **Kippenberger**: Chemische Technologie, anorganischer Teil, mit Exkursionen, 2; Einführung in die chemische Großtechnik I: Anorganisch-chemische Betriebe, mit Exkursionen, 1; Besprechung nahrungsmittelchemischer Gutachten, 1 *g*. — **Laar**: Graphische Verfahren, mit Besichtigungen, 1; Übungen in ausgewählten photographischen Verfahren, tägl. —

Study: Einleitung in die Algebra und Determinantentheorie, 2; Mechanik, 4; Mathematisches Seminar: Oberstufe: Vortragsübungen, 14tägig, 2 *g*. — **London**: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 4, Übungen, 1 *g*; Darstellende Geometrie II, mit Zeichenübungen, 2. — **Hahn**: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 1 *g*; Theorie der reellen Funktionen, 4; Mathematisches Seminar: Mittelstufe: Behandlung einfacher Aufgaben, 14tägig, 2 *g*. — **Küstner**: Theorie der Bahnbestimmung der Kometen und Planeten, 3; Topographie des Sonnensystems, 1 *g*; Praktische Übungen im astronomischen Beobachten, nach Verabredung. —

Technische Hochschule Braunschweig.

Dießelhorst: Experimentalphysik: Elektrizität und Magnetismus, 4; Theorie des Elektromagnetismus, 3, Übungen, 1; Physikalisches Praktikum I u. II, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Weber**: Potentialtheorie mit Anwendungen auf die Elektrostatik, 2. — **Bergwitz**: Atmosphärische Elektrizität, 1; Radioaktivität, 1. — **Witte**: Analytische Mechanik: Mechanik eines materiellen Punktes, 2. — **Micheler**: Einführung in die Photographie, 1; Die Photographie in natürlichen Farben, 1; Spezielle Photographie, 2; Photographische Übungen, nach Übereinkunft, für Anfänger und Fortgeschrittene, 3. — **Peukert**: Grundzüge der Elektrotechnik, 2; Allgemeine Elektrotechnik, 4; Elektrotechnische Übungen, 2; Elektrotechnisches Praktikum, 6; Arbeiten im elektrotechnischen Laboratorium, für Fortgeschrittenere, 9. — **N. N.**: Elektromaschinenbau, 4, Konstruktionsübungen, 4, Praktische Übungen, 2; Elektrische Kraftbetriebe, 2, Übungen, 2. —

Meyer: Unorganische Experimentalchemie, 5; Chemie der organischen Farbstoffe, 3; Arbeiten im chemischen Laboratorium, tägl.; Chemisches Kolloquium (mit Freundlich), nach Verabredung, *g*. — **Biehringer**: Analytische Chemie, 2; Grundzüge der Chemie, 3. — **Freundlich**: Physikalische Chemie, 2; Metallurgie, 2; Chemie der Metalle, 1; Arbeiten im Laboratorium für physikalische Chemie und Elektrochemie, tägl. — **Reinke**: Chemische Technologie II_1, 6; Chemisch-technische Analyse I, 2; Arbeiten im Laboratorium für chemische Technologie II und landwirtschaftlich-chemische Gewerbe, tägl.; Chemische Technologie in den deutschen Kolonien mit Berücksichtigung der tropischen und kolonialen Landwirtschaft, 1; Seminaristische Übungen auf dem Gebiete der chemischen Technologie II, monatlich 2 *g*. — **Beckurts**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Gerichtliche Chemie, 1 (im Anschluß: **Nehring**: Der naturwissenschaftliche Sachverständige in der Kriminalistik); Grundzüge der Maßanalyse, 1; Pharmazeutische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium für pharmazeutische Chemie und Nahrungsmittelchemie und in der Nahrungsmitteluntersuchungsstelle, tägl. — **Troeger**: Analytische Chemie, 2; Chemie der Benzolderivate, 2; Repetitorium der anorganischen und organischen Chemie, 2. — **Emde**: Organische Stoffe mit physiologischer Wirkung (Arzneimittelsynthese), 1. —

Fricke: Analytische Geometrie und Algebra, 4; Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 2, II, 2. — **Timerding**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Algebraische Analysis, 2; Synthetische Geometrie, 2. — **N. N.**: Statik starrer und elastisch-fester Körper, 4, Übungen, 2. — **Schlink**: Technische Mechanik II: Dynamik, 3, Übungen und Repetitionen, 2; Die Grundlagen des Fliegens und die verschiedenen Arten von Flugzeugen, 1; Graphische Statik, 2, Übungen, 2; Eisenhochbauten, ihre Berechnung und Konstruktion, 2, Übungen, 4; Statik der Baukonstruktionen I, 3, Übungen, 4. — **Näbauer**: Grundzüge der Geodäsie, 2, Übungen, 2; Geodäsie II, 3, Übungen, 1; Höhere Geodäsie, 2; Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 2; Planzeichnen, 4. —

Universität Breslau.

Lummer: Experimentalphysik II: Elektrizität, Magnetismus, Optik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Schaefer, Waetzmann und Ladenburg), 6, für Geübtere (mit Pringsheim und Schaefer), tägl., für Mediziner, 3, für Pharmazeuten, 3. — **Pringsheim**: Theorie der Wärme, 4; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Schaefer**: Mechanik der Kontinua: Elastizität und Hydrodynamik, 4. — **Riesenfeld**: Photographisches Praktikum, 2; Die Photographie und ihre Technik, 1 *g*. —

Biltz: Unorganische Experimentalchemie, 6; Chemische Referatenstunde für Vorgeschrittene, 14 tägig (mit Meyer und Königs), $1^1/_2$ *g*; Chemisches Praktikum in der unorganischen Abteilung, tägl. außer Sonnabend, in der organischen Abteilung, ganztägig, für Mediziner (mit Meyer), 4, für Landwirte, 4. — **Herz**: Elektrochemie und Photochemie, 2; Grundlagen der Maßanalyse, 1; Anwendungen der Maßanalyse, mit besonderer Berücksichtigung des Deutschen Arzneibuches, 1; Besprechungen zur qualitativen Analyse, 1 *g*. — **Meyer**: Chemie des

Krieges, nach Verabredung *g*. — **Gadamer**: Organische Experimentalchemie, mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, 6; Prüfung der Arzneimittel, 1 *g*; Praktisch-chemische Übungen, mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, der forensischen Chemie und Nahrungsmittelchemie, tägl.; Kleines chemisches Praktikum, 6. — **Ehrlich**: Landwirtschaftlich-chemische Technologie I: Zucker, Stärke, usw., mit Exkursionen, 2; Einführung in die Chemie für Landwirte, anorganischer Teil, 2; Chemisch-technisches Kolloquium, 1 *g*; Chemische, biochemische und technische Arbeiten im landwirtschaftlich-technologischen Institut, für Anfänger und Fortgeschrittene, tägl. außer Sonnabend; Praktische Übungen und Untersuchungen, auf dem Gebiete der Zucker- und Gärungschemie und -technik, 4. —

Sturm: Analytische Geometrie der Ebene, 3; Differentialgeometrie, 2. — **Kneser**: Integralrechnung, 4; Relativitätstheorie, 4; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*. — **Schmidt**: Algebra, 4; Zahlentheorie II, 2; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*. — **Steinitz**: Elliptische Funktionen, 4. —

Technische Hochschule Breslau.

Lummer: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrizität, Optik, 5; Physikalisches Praktikum, 3. — **Hilpert**: Elektrotechnik I, 4; Elektromaschinenbau I und II, 2; Übungen im Elektromaschinen- und Apparatebau, 4; Elektrotechnisches Laboratorium II, 4, III, 8; Kolloquium im Elektrotechnischen Institut, 14 tägig, *g*. — **Euler**: Elektrotechnische Meßkunde I und II, 2; Elektrische Kraftanlagen I, 2; Übungen im Bau elektrischer Kraftanlagen und Bahnen, 4. — **Große-Leege**: Fernsprechtechnik, 2. —

Ruff: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 5; Anorganisch-chemisches Praktikum, tägl.; Chemisches Kolloquium (mit Eucken, Neumann und Semmler), 14tägig, 2 *g*. — **Neumann**: Anorganisch-chemische Technologie, 4; Chemisch- und elektrochemisch-technisches Praktikum, tägl. — **Semmler**: Organische Technologie, 3; Organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Eucken**: Physikalische Chemie I und II, 3; Physikalisch-chemisches Praktikum für Fortgeschrittene, tägl.; Übungen in physikalischer Chemie und Elektrochemie, 4. — **Nauß**: Technische Gasanalyse, 1. —

Dehn: Höhere Mathematik III, 2, Übungen, 2; Höhere Mathematik für Chemiker und Hüttenleute, 3, Übungen, 1. — **Hessenberg**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4; Kinematik, nach Verabredung. — **Mann**: Mechanik: Graphische Statik I, 3, Übungen, 2, III, 3, Übungen, 2; Eisenhochbau, einschließlich Eisenbetonbau I, 2, Übungen, 3; Statik der Baukonstruktionen I, 1; Ausgewählte Kapitel aus der Mechanik, 2. — **Steinitz**: Höhere Mathematik I, 5, Übungen, 3; Potentialtheorie, 2. — **von dem Borne**: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Luftschiffahrt: Theorie der Luftschiffahrt, 2. — **Schnee**: Ausgewählte Kapitel der Analysis, nach Verabredung. —

Technische Hochschule Danzig.

Krüger: Experimentalphysik I, 5; Kleines physikalisches Praktikum, 4; Großes physikalisches Praktikum, tägl. — **Kalähne**: Einführung in das physikalische Praktikum, 1; Theoretische Ergänzungen zur Experimentalphysik, 2; Photographie und photographische Reproduktionsverfahren, 1, Übungen I, für Anfänger, II, für Fortgeschrittene, je 3; Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten im photophysikalischen Laboratorium, tägl. — **Försterling**: Elektrodynamik, 3. — **Föttinger**: Einführung in die Physik der technischen Strömungserscheinungen, 2. — **Horn**: Schwingungserscheinungen auf Schiffen, 2. — **N. N.**: Praktische Meteorologie und Luftfahrt, 2. — **Roeßler**: Elektrotechnik II, 4; Elektrotechnisches Laboratorium II, 6, für Schiffsmaschinenbauer, 8, III, 8, IV, für Fortgeschrittene, tägl. außer Sonnabend; Projektierung elektrischer Anlagen, 2, Übungen, 4; Berechnung und Entwurf elektrischer Maschinen (mit Roth), 2, Übungen, 4. — **Grix**: Elektrische Hausinstallationen und Beleuchtungstechnik, 1; Elektrische Bahnen, 2, Übungen, 4; Schwachstromtechnik, einschließlich Hochfrequenztechnik, 2. — **Roth**: Elektromaschinenbau, 1, Übungen, 4; Elektrotechnische Meßkunde, 2; Apparate- und Schalttafelbau, 2, Übungen, 4. —

v. Wartenberg: Anorganische Experimentalchemie, 4; Chemisches Kolloquium, 2 *g*; Praktikum im anorganisch-chemischen und elektrochemischen Laboratorium, tägl. — **Wohl**: Organische Experimentalchemie I, 4; Chemisches Kolloquium, 2 *g*; Praktikum im organisch-chemischen Laboratorium, tägl.; Praktikum im Laboratorium für landwirtschaftliche Gewerbe, tägl. — **N. N.**: Physikalische Chemie I und II, 2; Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 3; Übungen zur Mathematik, 1; Chemisches Kolloquium, 2; Kleines physikalisch-chemisches Praktikum I und II, 4; Großes physikalisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Jellinek**: Analytische Chemie II, 2. — **Claasz**: Chemie und Technologie organischer Farbstoffe, 2. — **Glimm**: Spezielle Technologie der Gärungsgewerbe, 2; Chemie und Technologie der Nahrungs- und Genußmittel, 4; Praktikum für Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel sowie Gärungsphysiologie, tägl.; Kurse für Gärungsgewerbe, nach Verabredung. —

v. Mangoldt: Höhere Mathematik I, mit Übungen, 6. — **Lorenz**: Dynamik starrer Körper, 2, Übungen, 2; Festigkeitslehre und Hydraulik, 4, Übungen, 3. — **Schilling**: Darstellende Geometrie, 3, Übungen, 5. — **Sommer**: Höhere Mathematik II, 4, Übungen, 1. — **v. Brunn**: Theorie der Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, 2. — **Grammel**: Aerodynamik, 2. — **Eggert**: Geodäsie I, 2, II, 2; Planzeichnen, 2; Geodätisches Praktikum I, 2, II, 2. —

Technische Hochschule Darmstadt.

Schering: Experimentalphysik: Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper, Wärme, Geometrische Optik, Wellenlehre des Lichtes, Akustik, 5; Physikalisches Praktikum (mit Zeißig) I: Allgemeine Physik II: Angewandte Physik, 4 Nachmittage; Selbständige Arbeiten aus dem Gebiete der Physik (mit Zeißig), nach Verabredung; Mechanische Wärmetheorie, 2; Physikalisches Kolloquium (mit Zeißig), 1 *g*. — **Zeißig**: Experimentalphysik: Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper, Wärme, Akustik, Optik, 4; Physikalische Meß- und Instrumentenkunde, 1 *g*; Seismometrie und Anwendungen, 1 *g*; Ausgewählte Kapitel aus der allgemeinen Physik, 1. — **Limmer**:*) Photographische Übungen A, 3, B, 3; Ausgewählte Kapitel aus der Photographie, 2; Die Herstellung von Lichtbildern und Vergrößerungen, 2; Photographisches Kolloquium, 1 *g*; Grundlagen der Kinematographie, 1, mit Übungen, nach Verabredung. — **Wirtz**: Allgemeine Elektrotechnik I: Elemente der Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Meßkunde II, 2; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium (mit Sengel), 4 Tage; Selbständige Arbeiten für Vorgeschrittenere (mit Sengel und Petersen), nach Verabredung; Elektrische Wellen: Hochfrequenztechnik, 2; Radiotelegraphisches Praktikum, für Fortgeschrittenere, nach Verabredung. — **Petersen**: Allgemeine Elektrotechnik II: Gleich- und Wechselstromtechnik, 4, Übungen, 2; Übungen im Hochspannungslaboratorium, 2; Grundzüge der Hochspannungstechnik, 1. — **Sengel**: Konstruktion elektrischer Maschinen und Apparate, 3, Übungen, 3; Elektrische Licht- und Kraftanlagen, 2, Übungen, 2; Elektrische Bahnen, 2. — **Goldschmidt**: Elektrischer Antrieb von Werkzeug-, Bergwerks- und Hüttenmaschinen, 2. — **Eberhardt**:*) Luftschiffahrt, 2; Flugtechnik, 2; Luftschrauben, 2, Übungen, 6. — **Linke**: Aeronautische Meteorologie, 2. — **Schleiermacher**: Aerodynamik in Beziehung zur Luftfahrt, 2 *g*; Rechenapparate

und wissenschaftliches Rechnen, 2 *g*; Elliptische Funktionen, 2 *g*. —

Wöhler: Anorganische Experimentalchemie (Grundzüge der Chemie), 4; Theoretische Chemie I, 2; Kolloquium über chemische Tagesfragen (mit Martin), 1; Chemisches Praktikum für anorganische und physikalische Chemie (mit Heyl, Martin und Schaeffer), tägl. außer Sonnabend. — **Finger**: Organische Experimentalchemie, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der Alkaloide, 2; Praktikum im Laboratorium für organische Chemie (mit Friedlaender), tägl. außer Sonnabend. — **Martin**:*) Analytische Chemie II, 2; Physikalisch-chemisches Seminar, 2 *g*; Einführung zu den Übungen zur theoretischen Chemie, 2. — **Heuser**: Organische Experimentalchemie, einschließlich Zellulosechemie und Teerfarbenchemie, 4; Organisch-chemisches Praktikum, nach Verabredung; Papier-Färberei-Praktikum, 4. — **Friedlaender**: Zwischenprodukte der Teerfabrikation, 1 *g*. — **Heyl**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 2; Bakteriologie und Sterilisationstechnik (mit Schaeffer), Übungen, 2. — **Dieffenbach**: Elektrochemie, 2; Chemische Technologie, 4; Chemisches, chemisch-technisches und elektrochemisches Praktikum (mit Moldenhauer und Sander), tägl. außer Sonnabend. — **Moldenhauer**:*) Gasanalytische Methoden, mit Übungen, 2; Theorien elektrochemischer Prozesse, 2; Elektrochemische Übungen, 4. — **Vaubel**: Theoretische Chemie I: Stereochemie, 1, Übungen, 3; Die physikalischen und chemischen Methoden der quantitativen Bestimmung organischer Verbindungen, 1; Chemie der Fette und Öle und daran anschließend Firnisse und Lacke, 1 *g*. — **Sonne**: Chemische Technologie der Explosivstoffe, 2. — **Weller**: Untersuchen von Nahrungsmitteln, Genußmitteln und Gebrauchsgegenständen, 8, Übungen, 1. —

Graefe: Technische Mechanik, 3, Übungen, 2; Höhere Mathematik, 3, Übungen, 2; Geschichte der Mathematik, 1. — **Horn**: Höhere Mathematik I, einschließlich Elemente der höheren Algebra, 6, Übungen, 4, II, 2, Übungen, 1. — **Dingeldey**: Höhere Mathematik I, einschließlich Elemente der höheren Algebra, 5, Übungen, 4; Einführung in die Theorie der Funktionen einer komplexen Veränderlichen, 2. — **Wiener**:*) Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6, II, 2; Neuere mathematische Lehren zur Behandlung naturwissenschaftlicher und technischer Aufgaben: Strecken- und Punktrechnung, 2—3; Arbeiten im mathematischen Institut (mit Sulzmann), 3. — **Müller**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6; Projektive Geometrie der Ebene in synthetischer und analytischer Behandlung, 2. — **Hohenner**: Geodäsie, 4; Höhere Geodäsie, 2; Geodätische Übungen I, 4; Geodätische Ausarbeitungen, 2; Wahrscheinlichkeits- und Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 2; Praktische Geometrie, 2. — **Assistenten**: Planzeichnen, 4. — **Henneberg**: Mechanik II, 6, Übungen (mit Graefe), 2 und 3; Hydrodynamik, 1. —

*) Zum Heeresdienst einberufen; soweit erforderlich werden Vertretungen eingerichtet werden.

Technische Hochschule Dresden.

Hallwachs: Experimentalphysik I, 5; Physikalisches Praktikum I, 6 oder 3, II, einschließlich Laboratoriumstechnik, für Fortgeschrittene, 9; Praktikum für größere physikalische Arbeiten, 20; Physikalisches Kolloquium, Referate über neue Arbeiten (mit Helm und Toepler), 14 tägig, 2 *g*. — **Toepler**: Theoretische Physik IV: Optik, 4; Dioptrik für Vermessungsingenieure, 2. — **Luther**: Photographisches Praktikum, für Anfänger und Vorgeschrittene, 4 und 8; Selbständige Arbeiten im wissenschaftlich-photographischen Institute, 2 und 4, ferner ganz- und halbtägig. — **Görges**: Allgemeine Elektrotechnik II, 2; Theorie des Wechselstromes II, 4; Elektrotechnische Übungen für Geübtere, 8; Elektrotechnisches Praktikum für Maschinen-, Elektro-, Betriebs-, Fabrikingenieure und Chemiker, 4; Größere elektrotechnische Spezialarbeiten, 20; Theorie der Leitungen II, mit seminaristischen Übungen, 2; Praktikum für Schwachstromtechnik, insbesondere drahtlose Telegraphie I und II, 14 tägig, 3; Selbständige Arbeiten im Institut für Schwachstromtechnik, 10 oder 20. — **Kübler**: Elektromaschinenbau II, 2, IV, 2, Übungen, 4 oder 8; Heizer- und Maschinistenkursus für Studierende, nach Verabredung. — **Möllering**: Eisenbahnsignalwesen, 2; Telegraphie und Telephonie: Wissenschaftliche Grundlagen, mit Demonstrationen, 2. —

F. Foerster: Brennstoffe, Theorie der Feuerungen, 2; Anorganisch-chemisches Praktikum: Qualitative Analyse, 12, Gewichts-, Maß- und Gasanalyse, Präparate, tägl. außer Sonnabend; Elektrochemie, ihre Theorie und technische Anwendung, 2; Physikalische (theoretische) Chemie, 3; Praktikum für Elektrochemie, 8; Praktikum für größere Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrochemie und physikalischen Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **N. N.**: Organische Chemie, 5; Organisch-chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für Farbenchemie (mit v. Walther), 8; Praktikum für größere Arbeiten auf dem Gebiete der Farbenchemie bzw. Färbereitechnik (mit v. Walther), tägl. außer Sonnabend. — **König**: Chemie der Textilindustrie: Gewinnung der Spinnfasern und ihre Veredlung durch Bleicherei, Färberei, Zeugdruck und Appretur, 2. — **v. Walther**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen, 2; Chemie des Steinkohlenteers: Die Rohmaterialien und Zwischenprodukte für die Industrie der organischen Farbstoffe, 2. — **Dietz**: Chemische Technologie der Tonwaren, 1. —

Krause: Höhere Mathematik IV, 3, Seminaristische Übungen (mit Naetsch), 14 tägig, 2; Höhere Algebra, 4; Mathematisches Seminar, 1 *g*; Seminaristische Übungen, für Physiker (mit Naetsch), 1 *g*. — **Helm**: Höhere Mathematik II, 4, Übungen, 2, für Hochbau- und Chemische Abteilung, 2; Ergänzungen und Übungen zur analytischen Mechanik, 2. — **Ludwig**: Darstellende Geometrie II, 3, Übungen, 4, Perspektive, 1; Theorie der geometrischen Verwandtschaften, 2; Nichteuklidische Geometrie, 1; Seminaristische Übungen über höhere Geometrie, 1 *g*. — **Naetsch**: Analytische Geometrie der Flächen zweiten Grades, 3; Elementare Algebra und Analysis, 2; Einleitung in die Theorie der partiellen Differentialgleichungen I. Ordnung und des Pfaffschen Problems, 2. — **Pattenhausen**: Geodäsie I, 2, Übungen, 2, II, 3 und 2, Übungen, 2, Seminaristische Übungen, 2; Einführung in die Kenntnisse des Fixsternhimmels, mit Beobachtungen im Observatorium, 1; Geodätische Ausarbeitungen, 2; Graphische Ausarbeitungen, 2; Skizzieren geodätischer Instrumente, 2; Katastervermessung, 2; Planzeichnen I, 2. —

Universität Erlangen.

Wiedemann: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger (Chemiker, Mediziner usw.), 2; Physikalisches Halb- und Vollpraktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Reiger**: Theoretische Physik, 4 (ev. Würschmidt), Übungen, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium (mit Würschmidt und Hauser), 1 *g*. — **Würschmidt**: Geschichte der Physik, 2; Vektorenrechnung mit Anwendungen, 2; Klimatologie, 2. — **Hauser**: Maschinenkunde, für Chemiker und Physiker, 1. —

O. Fischer: Anorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im Chemischen Laboratorium (mit Henrich): a) Analytisch-chemische Übungen, b) Vollpraktikum, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für Mediziner, 4. — **Busch**: Pharmazeutische Chemie, Organischer Teil, 3; Grundlagen der Nahrungsmittelchemie, für Chemiker und Pharmazeuten, 2; Chemisches Praktikum: a) Vollpraktikum, tägl., b) Halbpraktikum, tägl. außer Sonnabend; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Nahrungsmittelchemisches Praktikum: a) Vollpraktikum, b) Halbpraktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Henrich**: Analytische Chemie der Metalle und Gewichtsanalyse (Experimentalvorlesung zur Ergänzung

des analytisch-chemischen Praktikums), 3; Ausgewählte Kapitel aus der Chemie, besonders Benzolderivate, 2. — **Jordis**: Physikalische Chemie I, 2; Chemisches Seminar, 2; Elektrochemisches Praktikum, 2 und 4. —

Noether: Analytische Geometrie und Infinitesimalrechnung II, 4; Elliptische Funktionen, 3; Seminarübungen, nach Verabredung, *g*. — **E. Fischer**: Elemente der höheren Algebra, 4; Elemente der Zahlentheorie, 2; im Seminar: Übungen zur Einführung in die Analysis, für Kriegsteilnehmer, *g*. — **Hartwig**: Allgemeine Astronomie, 2; Systematische Vorführung der Einrichtungen der Sternwarte zu Bamberg, nach Verabredung, *g*; Astronomisches Praktikum auf der Sternwarte, tägl. *g*. — **Baldus**: Elementarmathematik, 2; Höhere Geometrie, 4; Politische Arithmetik für Juristen, 1; Wahrscheinlichkeitsrechnung für Versicherungsmathematiker, 2, Übungen. —

Universität Frankfurt a. M.

Wachsmuth: Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 5; Allgemeine Strahlung, 1; Physikalisches Kolloquium (mit v. Laue), 14tägig, 2; Physikalische Übungen, für Anfänger, 6, für Mediziner, 4; für Fortgeschrittene, tägl.; Wissenschaftliche Arbeiten, tägl. — **v. Laue**: Thermodynamik, 4; Quantentheorie, 1. — **Linke**: Theoretische Meteorologie, 2; Meteorologisch-geophysikalische Übungen, 2; Sonnenstrahlung, 1. — **Seddig**: Übungen in der optischen Projektion und Anstellung von Vorlesungsversuchen, 14tägig, 2; Wissenschaftliche Photographie, 14tägig, 2; Photographisches Praktikum, 8. — **Déguisne**: Der elektrische Gleichstrom, 2; Elektrische Meßkunde, 1; Wechselstrom-Transformatoren, 1; Kolloquium über die neuere Literatur der angewandten Physik, 14tägig, 2; Kleines elektrotechnisches Praktikum I, 3, II, 3; Großes elektrotechnisches Praktikum, halb- oder ganztägig; Wissenschaftliche Arbeiten, ganztägig; Gasmotorenpraktikum, nach Verabredung. —

Freund: Organische Experimentalchemie, mit einer Einleitung in die Grundlehren der anorganischen Chemie, 5; Kolloquium über neue chemische Literatur, 14tägig, $1^1/_2$; Großes chemisches Praktikum und Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten: a) organische Abteilung, ganztägig, b) anorganische Abteilung (mit Ebler), ganz- oder halbtägig; Kleines chemisches Praktikum für Anfänger; Darstellung chemischer Präparate, Einführung in die qualitative und quantitative Analyse, Nahrungsmittelanalyse (mit Ebler), für Angehörige der Wirtschafts- und sozialwissenschaftlichen Fakultät (mit Speyer), 2 halbe Tage. — **Lorenz**: Physikalische Chemie, 4; Chemische Atomistik, 1; Kolloquium über neuere Arbeiten aus dem Gebiet der physikalischen Chemie, 14tägig, 2; Kleines Praktikum der physikalischen Chemie, halbtägig 4 Wochen; Übungen im physikalisch-chemischen Laboratorium, halb- oder ganztägig; Wissenschaftliche Arbeiten im physikalisch-chemischen Laboratorium, ganztägig. — **Becker**: Angewandte Chemie und Bakteriologie in Industrie, Handel und Gewerbe, Chemisch-technische Warenkunde, Chemie und Industrie der Ersatzstoffe, mit Exkursionen I, 2, II, 2; Chemisches Praktikum: Übungen in der Untersuchung und Beurteilung von Handelswaren (Chemisch-technische Analyse), 5. — **Mayer**: Einführung in die anorganische Chemie auf elementarer Grundlage, 1; Zwischenprodukte der Teerfabrikation: Chemie der Benzolderivate, 2; Färberei und Zeugdruck, 1; Praktische Übungen in der Färberei der Textilfasern, 2. — **Speyer**: Synthetische Methoden der organischen Chemie II, 2. — **Tillmans**: Die Chemie der menschlichen Genußmittel, 2; Praktische Übungen in der Untersuchung von Nahrungsmitteln, Wasser und Abwasser, halbtägig; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie, halbtägig. —

Schoenflies: Höhere Geometrie (Fortsetzung der analytischen Geometrie), 4; Über die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften II, 2; Mathematisches Seminar (mit Bieberbach und Szász): Vorträge der Teilnehmer über die Verteilung der Primzahlen, 2. — **Bieberbach**: Gewöhnliche Differentialgleichungen, 4; Ausgewählte Kapitel der höheren Funktionentheorie, 2. — **Hellinger**: Zahlentheorie, 4; Grundlagen der Geometrie, 2; Mathematisches Seminar: Übungen über Probleme der reellen Analysis, 2. — **Brill** (ev.): Stellarastronomie, 2. — **Szász**: Differential- und Integralrechnung II: Integralrechnung, 4, Übungen, 1. —

Universität Freiburg i. Br.

Himstedt: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Übungen aus der theoretischen Physik, 1 *g*; Physikalisches Praktikum für Mediziner und Pharmazeuten, 1 Nachmittag, für Naturwissenschaftler, 2 Nachmittage, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Kolloquium, 2; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Koenigsberger**: Mathematische Physik mit Übungen: Optik, 2, Repetitorium, 2; Relativitätstheorie, 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Gaede**: Technisch-physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler: Übungen in der Anfertigung physikalischer Apparate und in der Vorführung von Demonstrationen, 2; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im technisch-physikalischen Institut, tägl. —

Gattermann: Anorganische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum (mit Riesenfeld, Fromm, Meigen, Skita, Heß und Schwarz): a) für Chemiker, ganztägig, b) für Nichtchemiker, halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Übungen im Experimentieren und Vortragen für künftige Lehrer der Chemie (mit Riesenfeld, Heß und Schwarz), II, organisch, 2 *g*. — **Kiliani**: Organische Experimentalchemie, 5; Arbeiten und Übungen im chemischen Laboratorium, med. Abteilung, tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Autenrieth und Knoop), 6. — **Meyer**: Elektrochemie mit Demonstrationen, 2; Photographie mit praktischen Übungen und Demonstrationen, 2; Mechanische Wärmetheorie, 2; Physikalisch-chemisches Übungspraktikum, 2; Selbständige physikalisch-chemische Arbeiten, tägl. — **Riesenfeld**: Anorganische Technologie, mit Exkursionen, 2; Elektrochemisches Praktikum, 3; Anorganisch-technologisches Praktikum, 2. — **Fromm**: Organische Experimentalchemie, 5; Repetitorium der anorganischen Chemie für Mediziner, 2, Repetition, 1. — **Meigen**: Qualitative Analyse, 3; Übungen im Bestimmen von Mineralien auf chemischem Wege, 2. — **Skita**: Spezielle Kapitel und Methoden der organischen Chemie (als Ergänzung des Hauptkollegs für Vorgeschrittenere), 2; Seminar der organischen Chemie, 1. — **Autenrieth**: Pharmazeutische Chemie I: Anorganische Chemie, 2; Darstellung und Wertbestimmung offizineller Präparate, 1. — **Knoop**: Physiologische Chemie, 2; Arbeiten und Übungen im physiologisch-chemischen Institut; Einleitung in das chemische Praktikum für Mediziner, 1. — **Heß**: Ausgewählte Kapitel der Geschichte der Chemie, 1 *g*. — **Madelung**: Moderne Theorien der organischen Chemie, 1. — **Schwarz**: Theorie der quantitativen Analyse, 1. —

Stickelberger: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1; Theorie der Differentialgleichungen, 4, Seminarübungen, 1. — **Heffter**: Differentialgeometrie, 4; Seminar, 2 *g*. — **Loewy**: Analytische Geometrie des Raumes, 4, Übungen, 1. — **Bolza**: Einführung in die Gruppentheorie, 3. — **Seith**: Darstellende Geometrie, 2, Übungen, 2 *g*. — **Ansel**: Populäre Astronomie, 2; Himmelsmechanik I, 2. —

Universität Gießen.

König: Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 5; Physikalisches Praktikum für Mathematiker und Naturwissenschaftler, 6, für Vorgeschrittene, nach Verabredung, für Chemiker, Mediziner, Pharmazeuten und Landwirte, 3; Leitung selbständiger Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Fromme), 2. — **Fromme**: Elektromagnetische Theorie des Lichtes, 2; Theoretisch-physikalische Übungen, 1. — **Aßmann**: Meteorologie, 1. — **Cermak**: Handfertigkeitspraktikum, 3; Elektrizitätsleitung in Gasen, Kathoden, Röntgenstrahlen und Verwandtes aus dem Gebiete der Radioaktivität, 2. — **Uller**: Einführung in die

drahtlose Telegraphie, 1. — **Peppler**: Physik der Atmosphäre, 2. — **Jentzsch**: Beugungstheorie der optischen Instrumente, 1; Ballistik, 1. —

Elbs: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum, tägl., für Landwirte, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner und Veterinärmediziner (mit Brand), 5; Pharmazeutisch-chemische und nahrungsmittelchemische Uebungen (mit Feist), tägl. — **Schaum**: Anorganische Chemie, 5; Einführung in die allgemeine Chemie, 2; Neuere physikalisch-chemische Anschauungen, 1 *g*; Physikalisch-chemische Übungen, 3; Physikalisch-chemisches Praktikum tägl. — **Brand**: Chemische Technologie I: Technologie der anorganischen Stoffe, mit Exkursionen, 2. — **Feist**: Pharmazeutisch-chemische Präparate, organischer Teil, 3; Ausmittelung der Gifte: Chemische Toxikologie, 2. — **v. Liebig**: Grundanschauungen der Chemie in ihrer geschichtlichen Entwicklung, 1 *g*. — **Thomae**: Kolloidchemie und Ultramikroskopie, 1. —

Engel: Analytische Geometrie, 4, Übungen, 1; Elliptische Funktionen, 4; Mathematisches Seminar: Funktionentheorie, 2. — **Schlesinger**: Integralrechnung, 4, Übungen, 1; Zahlentheorie, 2; Anfangsgründe der Variationsrechnung, 2; Mathematisches Seminar: Differentialgeometrie, 1. — **Graßmann**: Projektive Geometrie der Ebene in analytischer Behandlung, 5, Seminar, 14tägig, 1; Konforme Abbildungen (mit Übungen, namentlich über Kartenprojektion), 3. —

Universität Göttingen.

Debye: Experimentalphysik mit besonderer Berücksichtigung der Bedürfnisse von Physik- und Mathematik-Studierenden, 4; Ausgewählte Kapitel der mathematischen Physik, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Kolloquium (mit Voigt), 2 *g*; im Mathematisch-physikalischen Seminar: Vorträge über Struktur der Materie (mit Hilbert), 2 *g*; Praktische Übungen im physikalischen Institut (mit Pohl, Simon und Rausch v. Traubenberg), 4 (außerdem: Übungen in physikalisch-technischer Handfertigkeit in der Göttinger Fachschule für Feinmechanik, 4). — **Voigt**: Elektronentheorie und Relativitätshypothese, 4; Spektroskopie, 2 *g*; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, nach Verabredung. — **Wiechert**: Vermessungswesen, theoretischer Teil: Geodäsie, Markscheidekunst, Nautik, Aeronautik, Rechnungsmethoden, 4; Ebbe und Flut und verwandte Erscheinungen, 1 *g*; Geophysikalisches Praktikum, nach Verabredung; Thermodynamik, 4. — **Simon**: Physik und Technik der Röntgenstrahlen, 2; Die Strahlungsgesetze und die Beleuchtungstechnik, 1 *g*; Einführung in die Elektrotechnik, mit Demonstrationen, für Hörer aller Fakultäten, insbes. Juristen, 2; Anleitung zu Forschungsarbeiten auf dem Gebiete der angewandten Elektrizität, tägl.; Elektrotechnisches Praktikum, 3. — **Pohl**: Experimentalphysik mit besonderer Berücksichtigung der Naturwissenschaftler und Mediziner, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. — **Rausch v. Traubenberg**: Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 3. —

Windaus: Allgemeine Chemie I: Organische Chemie, 5; Chemisches Kolloquium, 1 *g*; Seminar für Lehramtskandidaten, 1 *g*; Chemische Übungen im Laboratorium (mit Borsche und Sielisch), Voll- und Halbpraktikum, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 6. — **Tammann**: Physikalische Chemie II, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum für Anfänger, 4 Wochen ganztägig; Physikalisch-chemische Arbeiten, ganz- und halbtägig; Kolloquium, 1 *g*. — **Coehn**: Moderne Theorien der Chemie, 1; Photographisches Praktikum: a) für Anfänger, b) für Fortgeschrittene, 3; Photochemische Arbeiten, ganz- und halbtägig. — **Zsigmondy**: Anorganische Kolloide II, 1 *g*; Reversible Kolloide, 1; Praktikum der anorganischen und der Kolloidchemie, ganz- und halbtägig. — **Mannich**: Nahrungsmittelchemie, $1^1/_2$; Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 3; Die Chemie der neueren Arzneimittel, 1 *g*; Praktische Übungen in pharmazeutischer, toxikologischer und Nahrungsmittelchemie, tägl. außer Sonnabend. — **Borsche**: Einführung in die analytische Chemie, 3; Chemische Technologie organischer Verbindungen I, 2; Organisch-chemisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 1. — **Kötz**: Chemische Technologie anorganischer Stoffe, 2; Chemisches Konversatorium, 1; Vorträge über Fragen der anorganischen Chemie im Kolloquium, 1 *g*; Studienreise zur Kenntnis der chemischen Großindustrie, *g*. — **Sielisch**: Chemie der Benzolderivate, 2; Einführung in die Chemie für Mediziner, im Anschluß an das chemische Praktikum, 2. — **Vogel**: Metallographie, 1, Praktikum, 3. —

Hilbert: Mengenlehre, 4; Invariantentheorie (mit Frl. Nöther), 2 *g*. — **Klein**: im mathematisch-physikalischen Seminar: Vorträge über ausgewählte Teile der neueren Mathematik, 2 *g*. — **Runge**: Graphische Methoden mit Übungen, 6; im mathematisch-physikalischen Seminar: Über Fragen der reinen und angewandten Mathematik (mit Prandtl), 2 *g*. — **Prandtl**: Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der angewandten Mechanik einschl. Aerodynamik, tägl. — **Landau**: Elementare und analytische Theorie der algebraischen Zahlen, 4; Mathematische Übungen für höhere Semester: Galoissche Theorie, 2 *g*. — **Hartmann**: Photometrie der Gestirne, 1; Leitung astronomischer und astrophysikalischer Arbeiten, 12; Astronomisches Seminar, 2 *g*. — **Carathéodory**: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 2 *g*; Analytische Mechanik, 4; Mathematische Übungen für mittlere Semester (mit Bernstein), 2. — **Ambronn**: Theorie und Behandlung der astronomischen Instrumente, 2; Ebene und sphärische Trigonometrie mit Anwendungen, 1; Astronomische Übungen für Anfänger, 6; Leitung selbständiger astronomischer Arbeiten für Fortgeschrittene, tägl. — **Bernstein**: Methode der kleinsten Quadrate, 1; Mathematische Statistik und Versicherungsmathematik, 3; Versicherungsrechnung mit schriftlichen Übungen, 2; Vorträge über ausgewählte Gegenstände der Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2 *g*. —

Universität Graz.

Radakovic: Seminar für theoretische Physik, 2 *g*. — **Streintz**: Die optischen Instrumente, 2. — **Rosenberg**: Übungen in der Anstellung physikalischer Schulversuche, 3 *g*. —

Scholl: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 5; Chemische Übungen, auch für Lehramtskandidaten, für Anfänger (mit Skrabal), tägl. außer Sonnabend, für Vorgeschrittene, tägl., für Mediziner, 4. — **Kremann**: Physikalische Chemie III, 2; Physikalisch-chemische Arbeits- und Meßmethoden, 3; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Praktikum, tägl. — **Skrabal**: Pharmazeutische Chemie, 4; Praktikum aus anorganischer und analytischer Chemie für Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend. — **v. Hemmelmayr**: Chemische Technologie der Metalle: Metallgewinnung, mit Exkursionen, 2; Experimentierübungen (Chemische Schulversuche), für Lehramtskandidaten, 2. —

v. Dantscher: Analytische und projektivische Geometrie des Raumes, 5; Mathematisches Seminar I, 2 *g*. — **v. Daublebsky**: Algebra, 3; Zahlentheorie, 2; Mathematisches Seminar II, 2 *g*. — **Streißler**: Darstellende Geometrie, 3. — **Waßmuth**: Über neuere Fragen der statistischen Mechanik, 1 *g*. — **Hillebrand**: Theorie der Figur der Himmelskörper, mit besonderer Berücksichtigung des kosmogonischen Problems, 3; Über den Bau des Fixsternsystems, 1; Interpolationsrechnung und numerische Integration, 1. —

Universität Greifswald.

Mie: Experimentalphysik II: Elektrizitätslehre, Optik, 5; Elastizitätslehre und Hydrodynamik, 4; Physikalische Übungen, für Naturwissenschaftler, 6, Erläuterungen, 1 *g*; Physikalisches Praktikum für Mediziner und Pharmazeuten,

2; Leitung selbständiger physikalischer Untersuchungen, tägl. —

Dimroth: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum: a) anorganische Abteilung, b) organische Abteilung (mit Posner), c) für Pharmazeuten und Nahrungsmittelchemiker (mit Scholtz), tägl. außer Sonnabend, d) für Mediziner, 4, Erläuterungen, ½ g. — **Scholtz**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 3; Ausmittelung der Gifte, 1; Pharmazeutisches Kolloquium, 1 g. — **Posner**: Synthetische Methoden der organischen Chemie, 2; Besprechungen neuerer Arbeiten aus dem Gebiete der organischen Chemie, 1 g. —

Hausdorff: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 1 g; Elliptische Funktionen, 4; Mathematisches Seminar, 2 g. —

Universität Halle.

Schmidt: Experimentalphysik, 4; Theorie des Magnetismus und der Elektrizität, 4; Physikalisches Laboratorium: a) Übungspraktikum, 6, b) Selbständige Arbeiten von Geübten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 g. — **Wigand**: Über Elektronen und Ionen, 1; Physikalisches Handfertigkeits-Praktikum, 3. — **Thiem**: Kursus der praktischen Photographie, 2. —

Erdmann: Praktische Übungen im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner, 4. — **Schneidewind**: Agrikulturchemie I: Die Ernährung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, Bodenkunde und Düngerlehre, 4; Technologie der Kohlehydrate: Spiritusfabrikation, 1, Zuckerfabrikation, 1 g; Exkursionen und Demonstrationen, nach Verabredung. — **Schulze**: Praktische Übungen im Chemischen Laboratorium (mit Tubandt), tägl. außer Sonnabend, für Pharmazeuten, tägl. außer Sonnabend; Besprechung der Arzneimittelprüfungen, 1. — **Baumert**: Gerichtliche Chemie, 2; Praktische Übungen im Laboratorium für Nahrungsmittelchemie, tägl. außer Sonnabend; Gerichtlich-chemisches Praktikum, 3; Einführung in die gerichtlich-chemische Analyse, 1 g. — **Tubandt**: Allgemeine Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 4; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Physikalisch-chemisches Übungspraktikum, 4.—

Wangerin: Differentialgleichungen, 3; Analytische Geometrie des Raumes, 3; Schwierigere Kapitel der Potentialtheorie, 1 g; Übungen des Mathematischen Seminars, 1 g. — **Gutzmer**: Variationsrechnung, 4; Einführung in die Theorie der höheren ebenen algebraischen Kurven, 2; Übungen des Mathematischen Seminars, 1 g. — **Eberhard**: Integralrechnung, 4, Übungen, 1 g. — **Buchholz**: Wahrscheinlichkeitsrechnung und Theorie der Ausgleichung der Beobachtungsfehler: Methode der kleinsten Quadrate, 1; Störungstheorie, 2. — **Bernstein**: Maschinentheorien, 1. — **Pfeiffer**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 4 g. —

Technische Hochschule Hannover.

Precht: Experimentalphysik, 4; Arbeiten im Laboratorium der Physik (mit Leithäuser), 4. — **Leithäuser**: Grundzüge der Physik, 3; Praktische Physik, 2; Photographie, 4. — **Kohlrausch**: Grundzüge der Elektrotechnik, 3; Theoretische Elektrotechnik, 4; Elektrotechnisches Laboratorium (mit Beckmann u. Brückmann) I, 8, II, 16, III für Maschineningenieure, 8; Elektrotechnisches Kolloquium, 14tägig, 2 g. — **Heim**: Elektrische Anlagen I: Einzelanlagen (mit Helsing), 3, Übungen, 2; Entwerfen von elektrischen Maschinen und Transformatoren (mit Helsing), 2, Übungen, 2; Telegraphie und Telephonie, 2; Elektrische Bahnen, Elektrotechnischer Teil, 2; Elektrische Kraftübertragung, 2. — **Beckmann**: Praktische Elektrotechnik für Anfänger II, 1; Elektrotechnische Meßkunde I₂, 2; Elektrische Apparate, 1 g. — **Brückmann**: Einphasen-Kollektormotoren, 1 g; Elektrotechnisches Seminar, 1. —

Seubert: Anorganische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium der anorganischen Chemie (mit Eschweiler, Seybold und Sauermilch), tägl. außer Sonnabend. — **Eschweiler**: Analytische Chemie, 3. — **Behrend**: Organische Chemie, 3; Arbeiten im Laboratorium der organischen Chemie (mit Ingebrigtsen und Nottbohm), tägl. außer Sonnabend. — **Ost**: Grundzüge der chemischen Technologie, 2; Allgemeine chemische Technologie, 4, Übungen im Skizzieren, 2; Arbeiten im Laboratorium der technischen Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Bodenstein**: Physikalische Chemie, 3; Elektrochemische Übungen (mit Braune), 4; Arbeiten im elektrochemischen Institut (mit Braune), tägl.; Übungen in der Elektroanalyse (mit Braune), 7. — **Jänecke**: Unsere Kalilager, mit Vorführung von Modellen, 1; Die physikalische Chemie der heterogenen Gleichgewichte: Phasenlehre, 1. — **Laves**: Grundzüge der Nahrungsmittelchemie, 2. —

Kiepert: Höhere Mathematik I (mit Prange), 6, Übungen, 2, Repetition, 1, III, 2; Ausgewählte Kapitel der Mathematik: Zahlentheorie, 3. — **Müller**: Höhere Mathematik II A (mit Prange), 6, Übungen, 2; Theoretische Mechanik I, 3; Mathematisches Seminar (mit Rodenberg und Salkowski), 2 g. — **Salkowski**: Grundzüge der höheren Mathematik, 2, Übung, 1; Praktische Mathematik, 2, Übungen, 2; Geometrie der Bewegung, 3. — **Rodenberg**: Darstellende Geometrie (mit Richter und Morin), 3, Übungen, 6, II, 3, Übungen, 6. — **Petzold**: Algebraische Analysis und Trigonometrie, 3. — **Oertel**: Geodäsie I: Praktische Geometrie (mit Petzold), 4, Übungen, 2, II: Ingenieur-Geodäsie, 2, Übungen, 2; Höhere Geodäsie, 2. — **Pröll**: Mechanik I: Grundzüge der Mechanik, 3, Übung, 1, II: Dynamik und Hydrodynamik, 4, Übung, 1, III: Elastizitäts- und Festigkeitslehre, Statik der Baukonstruktionen, 3, Übung, 1; Aeromechanik in ihrer Anwendung auf Motorluftschiffe und Flugzeuge, 1. —

Universität Heidelberg.

Lenard: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 4; Physikalisches Praktikum (mit Becker), 6; Physikalisches Seminar und Kolloquium, 1 g; Wissenschaftliche Arbeiten Fortgeschrittener im physikalischen und radiologischen Institut (mit Becker), tägl. außer Sonnabend. — **Becker**: Theoretische Mechanik der starren und deformierbaren Körper, 4; Theoretisch-physikalische Übungen, 1 g; Theorie des Elektrons, 1. — **Schmidt**: Photographische Kurse für Anfänger und Vorgeschrittene, 2. —

Curtius: Experimentalchemie II: Organische Verbindungen, 4, Metalle, 2; Chemisches Praktikum für Anfänger und Geübtere in anorganischer, organischer, physikalischer, analytischer und pharmazeutischer Chemie (mit Jannasch, Trautz und Müller), tägl. außer Sonnabend, für Mediziner und Lehramtskandidaten, halbtägig. — **Jannasch**: Gewichtsanalyse, 2; Chemische Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 1; Gasanalytisches Praktikum (mit Müller), 4; Analytisches Praktikum zur Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 5. — **Knoevenagel**: Chemie der Benzolderivate; Chemie und Technologie der Teerfarbstoffe. — **Trautz**: Physikalische Chemie: Elektrochemie, Thermochemie, Molekulartheorie, chemische Gleichgewichte, 3; Physikalisch-chemische Besprechung anorganisch- und organisch-chemischer Arbeiten, 2; Theorie der elektromotorischen Kräfte chemischer Ketten, 2; Praktische Einführung in die physikalische und Elektrochemie, 4–6 Wochen. — **Krafft**: Geschichte der Chemie, 2—3; Anorganische Chemie, 4; Praktisch-chemische Übungen und Arbeiten im Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Anfängerpraktikum, halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum, 4 Wochen. — **Stollé**: Pharmazeutische Chemie II, organisch; Qualitative Analyse. — **Mohr**: Stereochemie, 1. — **Muckermann**: Analytische Methoden offizineller Arzneimittel; Wasser- und Harnanalyse. — **Müller**: Gasanalyse und Gasvolumetrie, 1; Praktische Übungen, 2. —

Stäckel: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 1; Algebraische Kurven und Flächen, 3; Mathematisches Oberseminar (mit Perron), 2. — **Wolf**: Einige Kapitel aus den Elementen der Astronomie, 2 *g*. — **Perron**: Differential- und Integralrechnung, 4; Funktionen einer reellen Veränderlichen, 3; Mathematisches Unterseminar, 1. — **Koenigsberger**: Prinzipien der Mechanik, 3; Elliptische Funktionen, 2. — **Koehler**: Analytische Geometrie des Raumes, 3. — **N. N.**: Synthetische Geometrie, 3. —

Universität Innsbruck.

v. Schweidler: Experimentalphysik I, 5; Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 6, für Mediziner, 3; Wissenschaftliche Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Tumlirz**: Theoretische Optik, 5; Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 2 *g*. — **v. Lerch**: Physik für Pharmazeuten, 5. — **Hammerl**: Elektrotechnik I: Gleichstrom (Über elektrostatische und elektromagnetische Maße und Messungen, Elektrolyse, Akkumulatoren und Dynamomaschinen), 2 *g*. —

Brunner: Allgemeine Chemie I: Anorganische Chemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend, für Lehramtskandidaten, halbtägig, ev. für Mediziner, 6. — **Hopfgartner**: Über Lösungen, 2; Thermochemie II, 1; Anleitung zur Benutzung der chemischen Literatur, 1. — **Zehenter**: Einführung in die chemische Technologie mit besonderer Berücksichtigung der Technologie der Brennstoffe und des Wassers; sowie der Schwefelsäure- und der Soda-Industrie, 2 *g*. —

Gmeiner: Analytische Geometrie der Ebene, 5; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Zindler**: Anwendung der Differentialrechnung und der Integralrechnung auf Geometrie und Bewegungslehre, mit Übungen, 6; Mathematisches Seminar für Anfänger: Einführung in die Differentialrechnung an der Hand eines Textes, 1. — **Menger**: Darstellende Geometrie I, 2 *g*, Zeichnungen, 1 *g*. —

Universität Jena.

Wien: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 4; Physikalisches Praktikum: a) für Mathematiker und Physiker, 6, b) für Chemiker, Pharmazeuten und Mediziner, 3; Physikalisches Kolloquium; Leitung physikalischer Spezialuntersuchungen (mit Auerbach, Straubel und Pauli), tägl. — **Auerbach**: Experimentalphysik II: Elektrik, Magnetik, Optik, 4; Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4; Mechanik der festen, flüssigen und gasigen Körper, 4; Die Physik seit hundert Jahren, zugleich als Repetitorium der Tatsachen, Gesetze und Theorien, 1½; Physikalisches Praktikum (mit Pauli): a) für Mathematiker und Physiker, 6, b) für Chemiker, Pharmazeuten und Mediziner, 3. — **Straubel**: Geometrische Optik, 1. — **Ambronn**: Einleitung in die Theorie des Mikroskops, 2; Mikrophotographie und Projektion, 1; Übungen in der Handhabung des Mikroskops und seiner Nebenapparate, 2. — **Pauli**: Experimentalphysik IV: Elektrizität, Magnetismus, Optik, für Fortgeschrittene (als Ergänzung zu Experimentalphysik II), 2. —

Knorr: Allgemeine Experimentalchemie II: Organische Chemie, 4; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Wolff): a) Vollpraktikum, 30, b) Halbpraktikum, 15, c) Mediziner-Vollpraktikum, 6, d) Mediziner-Halbpraktikum, 3; Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium und Anleitung zu chemischen Spezialuntersuchungen (mit Schneider), 40. — **Wolff**: Analytische Chemie, 2; Elektrolyse und elektrolytisches Praktikum, 2. — **Immendorff**: Agrikulturchemie I: Pflanzenernährungslehre, 3, II: Tierernährungslehre, 2; Grundzüge der organischen Chemie für Landwirte, 1; Chemisches Praktikum für Landwirte: a) großes, tägl., b) kleines, 7; Agrikulturchemisches Seminar für Fortgeschrittene, 14tägig, 2 *g*. — **Vongerichten**: Chemische Technologie, anorganischer Teil, 2; Färberei- und Druckereikursus, 4; Technisch-chemisches Praktikum, halb- und ganztägig. — **Matthes**: Pharmazeutische Chemie I: Anorganische Chemie, 3; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum: Untersuchung und Darstellung chemisch-pharmazeutischer Präparate, Ausmittelung der Gifte, tägl. außer Sonnabend; Praktische und theoretische Übungen aus dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie, tägl. — **Schneider**: Chemie der Kohlenhydrate und Eiweißstoffe, 2. —

Haußner: Algebra, 4; Analytische Geometrie des Raumes, 5, Proseminar, 2 *g*; Elementare Reihentheorie, 4, Seminar: Algebra und Reihentheorie, 1 *g*. — **Koebe**: Differential- und Integralrechnung II, 4, Proseminarübungen, *g*; Einleitung in die Funktionentheorie, 2; Analytische Mechanik, 4; Seminarübungen im Rahmen der Vorlesungen, *g*. — **Frege**: Grundlagen der Arithmetik, 4; Begriffsschrift, 1 *g*. — **Knopf**: Wahrscheinlichkeitsrechnung und Methode der kleinsten Quadrate, 3; Interpolationsrechnung und mechanische Quadratur, 1. — **Winkelmann**: Darstellende Geometrie I, mit Übungen, 6; Technische Mechanik II: Festigkeitslehre, mit Übungen, 4. —

Technische Hochschule Karlsruhe.

Lehmann: Physik, 4, Ergänzungen, 2; Physikalisches Laboratorium (mit Schachenmeier), 6; Seminar für Experimentalphysik, 2 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im physikalischen Laboratorium, nach Verabredung. — **N. N.**: Mathematische Physik, 3; Repetitorium der Physik, 2. — **Schachenmeier**: Optik mit besonderer Berücksichtigung der Elektronentheorie, 2. — **Richter**: Elektromaschinenbau I: Grundlagen, Gleichstrommaschinen, Transformatoren, 5; Übungen im Konstruieren elektrischer Maschinen und Apparate, 4; Elektrotechnisches Laboratorium II, 6, für Vorgeschrittene, einschließlich Hochspannungs-, Hochfrequenzmessungen und drahtloser Telegraphie (mit Schleiermacher, Schwaiger und Hausrath), 8; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen, nach Verabredung. — **Schleiermacher**: Grundlagen der Elektrotechnik und Meßkunde, 3; Theoretische Elektrizitätslehre, 3; Elektrotechnisches Laboratorium I, 6. — **Schwaiger**: Elektromotorische Betriebe, einschließlich Bahnen, 2; Elektrische Kraftwerke und Schaltanlagen, 2; Schalt- und Regulierapparate, 1; Nichtstationäre elektrische Vorgänge und Hochspannungstechnik; Übungen, 1; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen, nach Verabredung. — **Teichmüller**: Allgemeine Elektrotechnik, 2; Elektrotechnisches Seminar, 2; Übertragung und Verteilung elektrischer Energie: Leitungen, 2, Übungen, 2; Energieversorgung des Landes, 1; Besichtigung elektrischer Anlagen, nach Verabredung. — **Hausrath**: Drahtlose Telegraphie, 2; Schwachstromtechnik, 2; Besichtigung von Schwachstromanlagen, nach Verabredung. — **Thomälen**: Theorie der Wechselströme, 2, Übungen, 2. — **Schmidt**: Photographische Kurse, mit Vorträgen über die Theorie der photographischen Vorgänge, für Anfänger und Vorgeschrittene, 2. — **Schultheiß**: Meteorologie: Klimatologie, 1. —

Engler: Anorganische Experimentalchemie, 4; Organisch-chemisches Kolloquium (mit Franzen), 1; Spezielle Kapitel der allgemeinen Chemie, 1; Chemisches Laboratorium, tägl. außer Sonnabend. — **Bredig**: Physikalische Chemie I, 2; Überblick über die theoretische und technische Elektrochemie, 3; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Kolloquium für Vorgeschrittene, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Physikalisch-chemischer und elektrochemischer Einführungskurs, mit einleitenden Vorträgen. — **Bunte**: Chemische Technologie I, 2, II, 2; Metallurgie, 1; Brennstoffe und industrielle Feuerungen, 1; Übungen in der technischen Analyse (mit Eitner), für Chemiker, 4, für Maschineningenieure, 3, für Vorgerücktere, tägl.; Gaschemische Übungen, 2; Arbeiten im chemisch-technischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Technologische Exkursionen, nach Verabredung. — **Franzen**: Organische Chemie II, 2; Besprechung neuerer Arbeiten auf dem Gebiete der organischen

Chemie, 1. — **Askenasy**: Prozesse der elektrochemischen Großindustrie II und Bau und Betrieb der Akkumulatoren, 2. — **Dieckhoff**: Organische pharmazeutische Chemie, 2; Gerichtliche Chemie, 2. — **Eitner**: Methoden der technischen Analyse, 2; Ausgewählte Kapitel der technischen Analyse, 1, Übungen (mit Bunte), 3; Spezielle Technologie der Gasbeleuchtung I und II, 1, Übungen, 4. — **Koenig**: Analytische Chemie II: Physikalisch-chemische Grundlagen der Analyse, 2. — **Reis**: Photochemie I: Strahlungslehre, 2. — **Rupp**: Chemische und mikroskopische Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln sowie Gebrauchsgegenständen, 2. — **Steinkopf**: Methoden der organischen Chemie, 1; Chemie der heterozyklischen Verbindungen I und II, 1. — **Terres**: Chemie der Gase, 2. — **Ubbelohde**: Industrie der Fette und Harze, 2; Über Patentwesen, 1. — **N. N.**: Chemie der Faserstoffe und Farbstoffe I, 2, Übungen (mit Lindner), 2. —

Disteli: Darstellende Geometrie I und II, 4, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 2. — **N. N.**: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Heun**: Mechanik I und II, 4, Übungen, 2; Mechanisches Seminar, 3 *g*. — **Krazer**: Höhere Mathematik II, 3; Funktionentheorie, 2. — **Haupt**: Übungen in den Grundlehren der höheren Mathematik, 2; Arithmetik und Algebra, 2, Übungen, 1; Ebene und sphärische Trigonometrie, 2, Übungen, 1. — **Noether**: Elemente der Mechanik, 3, Übungen, 1; Elastizitätstheorie, 2. — **N. N.**: Elementare und analytische Geometrie der Ebene und des Raumes I und II, 2, Übungen, 1. — **Haid**: Praktische Geometrie, 3; Höhere Geodäsie, 3; Geodätisches Praktikum I, 2, III, 3; Methode der kleinsten Quadrate, 2. — **Bürgin**: Katastervermessung II, Feldbereinigung, 2, Übungen, 4; Repetitorium der praktischen Geometrie, 2; Plan- und Terrainzeichnen, 4 und 2; Ausarbeitung der großen geodätischen Exkursion, 2. — **Stutz**: Organisation der Katastervermessung, 2, Übungen, 1. —

Universität Kiel.

Dieterici: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger: a) Mathematiker und Naturwissenschaftler, 8, b) Mediziner und Pharmazeuten, 4, für Fortgeschrittene, tägl.; Repetitorium der Physik für Kriegsteilnehmer, 2 *g*. — **Weber**: Einleitung in die theoretische Physik: Mechanik und Optik, 4; Physikalische Maßeinheiten, 1 *g*; Theorie physikalischer Messungsapparate verbunden mit Übungen, 1; Ausgewählte physikalische Untersuchungen und Messungen, tägl. außer Sonnabend. — **Schmidt**: Repetitorium der physikalischen Meßmethoden mit praktischen Übungen, für Kriegsteilnehmer, 2. —

Diels: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum: a) Anorganische Abteilung (mit Mumm), tägl. außer Sonnabend, b) Organische Abteilung, tägl. — **Rügheimer**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 3; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Berend**: Repetitorium der organischen Chemie, für Mediziner, $^3/_4$. — **Feist**: Chemische Technologie, anorganische Betriebe, 1; Stereochemie, 1; Organische Experimentalchemie, für Zahnärzte, 2. — **Mumm**: Chemie der Metalle, 3. — **Stoehr**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1. — **Preuner**: Einführung in die physikalische Chemie, 2. — **Horrmann**: Über Alkaloide und deren Ermittlung bei Vergiftungsfällen, 1. —

Pochhammer: Einleitung in die höhere Algebra, 3; Differentialgeometrie, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Harzer**: Theorie der Bahnbestimmungen, 3, Übungen, 1 *g*. — **Jung**: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Partielle Differentialgleichungen, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Kobold**: Theorie der Finsternisse, 2, Übungen, 14 tägig, 2 *g*. — **Toeplitz**: Differential- und Integralrechnung II, 4; Übungen für frühe Semester, 1 *g*, für mittlere Semester, 4. — **Neuendorff**: Darstellende Geometrie I, mit Zeichenübungen, 5; Übungen und Vorträge aus der angewandten Mathematik, 1 *g*. —

Universität Königsberg.

Kaufmann: Experimentalphysik II: Optik, Magnetismus, Elektrizität, 5, Ergänzungen, 1 *g*; Physikalische Übungen, für Mathematiker und Physiker, 6; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Volkmann**: Theorie des Lichtes, 4, im Seminar: Ergänzungen und Erläuterungen, 1 *g*; Mathematisch-physikalisches Laboratorium: Physikalisch-praktische Übungen und Arbeiten für Vorgerückte, 6. — **Hoffmann**: Technik und Physik der Röntgenstrahlen, 1. —

Klinger: Organische Chemie, 4; Chemisches Praktikum (mit Blochmann und Eisenlohr), tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 2 Nachmittage; Besprechung ausgewählter Kapitel der Chemie (mit Blochmann, Eisenlohr und Sonn), 1 *g*. — **Rupp**: Pharmazeutische Chemie, 3; Übungen im pharmazeutisch-chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Pharmazeutisch-wissenschaftliches Kolloquium, 1 *g*. — **Blochmann**: Chemische Technologie der Metalle, 2; Maßanalyse: Titriermethoden, 1 *g*. — **Eisenlohr**: Die physikalischen Eigenschaften der chemischen Körper, 1; Die Entwicklung der organischen Chemie, 1 *g*. —

Meyer: Analytische Geometrie II, mit Übungen, 4; Analytische Mechanik, 4; Mathematisches Seminar: Übungen zu Mechanik, *g*; Mathematische Gesellschaft, *g*. — **Battermann**: Sphärische Astronomie, $1^1/_2$; Wissenschaftliches Rechnen, besonders Interpolation und numerische Integration, 14 tägig, 1 *g*. — **Boehm**: Differential- und Integralrechnung II, mit Übungen, 4, Ergänzungen und Anwendungen, 1 *g*; Elliptische Funktionen und ausgewählte Kapitel der Funktionentheorie, 3; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Kaluza**: Versicherungsmathematik und Übungen, 2; Einführung in die Relativitätstheorie, 1; Repetitorium der Elementarmathematik, mit Übungen, 3. —

Universität Leipzig.

Wiener: Experimentalphysik II: Licht, Magnetismus, Elektrizität, 5; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene (mit Scholl und Füchtbauer), tägl.; Physikalisches Praktikum (mit Scholl und Füchtbauer), 6, für Mediziner und Pharmazeuten, 3; Physikalisches Kolloquium (mit Des Coudres), 2 *g*. — **Des Coudres**: Thermodynamik, 4; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene (mit Fredenhagen), tägl. — **Bjerknes**: Dynamik elastischer Körper und reibender Flüssigkeiten, 2; Arbeiten im Geophysikalischen Institut (mit Wenger), tägl.; Geophysikalisches Kolloquium (mit Wenger), 2 *g*. — **v. Oettingen**: Das duale Harmoniesystem und die reine Stimmung, 2 *g*. — **Fischer**: Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften: Differential- und Integralrechnung, mit Übungen, für Mediziner und Naturwissenschaftler, insbesondere Chemiker, 3; Über die Wirkung der Muskeln, 1. — **Scholl**: Allgemeine Experimentalphysik, für Zahnärzte, 4. — **Marx**: Elektrische Wellen und drahtlose Telegraphie, 2. — **Haas**: Allgemeine Bewegungslehre als Einführung in die theoretische Physik, 3; Selbständige geschichtlich-physikalische Arbeiten für Fortgeschrittene, nach Verabredung, *g*. — **Lilienfeld**: Erzeugung und Anwendung tiefer Temperaturen, 1 *g*. — **Wenger**: Atmosphärische Zirkulationen, 2. —

Hantzsch: Organische Experimentalchemie, 5; Analytisch- und präparativ-chemisches Praktikum (mit Schaefer), tägl.; Organisch-chemisches Praktikum (mit Reddelien), tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner und Zahnärzte (mit Schaefer), 6, für Fortgeschrittene (mit Stobbe, Rassow, Schaefer und Reddelien), tägl. — **Le Blanc**: Physikalische Chemie I, 4; Chemisches Praktikum für Anfänger: Analytische und präparative, anorganische und organische Arbeiten (mit Böttger), tägl.; Physikalisch-chemisches Praktikum: Photochemisches (mit Weigert), elektrochemisches und kolloid-

chemisches (mit Böttger), tägl.; Physikalisch-chemischer Einführungskurs, auch für Mediziner, auf Wunsch: Darstellung elektrochemischer Präparate (mit Schall und Böttger), 4 oder 8. — **Paal**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum, analytisch, anorganisch und organisch (mit Sieverts, Deußen, Scheiber und Waentig), tägl.; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie (mit Deußen und Waentig), tägl.; Pharmazeutisch-chemisch-toxikologisches Praktikum (mit Deußen und Scheiber), tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner und Zahnärzte (mit Sieverts und Waentig), 6, für Vorgerücktere (mit Heller, Deußen, Sieverts, Scheiber und Waentig), tägl.; Chemisch-technisches Praktikum (mit Heller), tägl. — **Stobbe**: Spezielle organische Chemie: Die heterozyklischen Verbindungen, mit besonderer Berücksichtigung der Alkaloide und der künstlichen Heilmittel, 1; Spezielle organische Chemie: Mehrkernige aromatische Verbindungen (Gruppe des Diphenyls, der Polyphenylmethane, des Naphthalins, Anthrazens usw.), 1. — **Wagner**: Experimentelle Einführung in die Chemie auf physikalischer Grundlage, 1, Ergänzung, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Lehrer: Schulversuche, Analyse und Präparate, tägl.; Didaktische Besprechungen: Elektrochemie, 1 *g*. — **Rassow**: Chemische Technologie, organische Betriebe: Zucker, Stärke, Gärungsgewerbe, Fette und Seifen, 2; Technologische Exkursionen, nach Verabredung *g*; Der Zellstoff und seine Anwendung zur Herstellung von Papier, Zelluloid, Kunstseide, Schießbaumwolle, 1 *g*; Chemisch-technologisches Praktikum, ganz- oder halbtägig. — **Weigert**: Moderne Chemie, 1; Photochemische und photographische Arbeitsmethoden, mit praktischen Übungen, 4. — **Schall**: Ausgewählte Kapitel der elektrochemischen Technik, nebst einer Einleitung: Über elektrolytische Darstellung chemischer Präparate, 1; Elektrolyse im wasserfreien Lösungsmittel, 1 *g*. — **Böttger**: Wissenschaftliche Grundlagen der analytischen Chemie: Übersicht über das Gesamtgebiet der qualitativen und quantitativen Analyse, 2. — **Heller**: Praxis des Farbenchemikers, 1. — **Sieverts**: Einführung in die Metallographie, mit Übungen, 3. — **Deußen**: Die wichtigsten Untersuchungsmethoden des deutschen Arzneibuchs, 1; Übungen im Sterilisieren, für Pharmazeuten, nach Verabredung. — **Schaefer**: Ausgewählte Kapitel aus der anorganischen Chemie, mit Demonstrationen, 2. —

Hölder: Einführung in die Theorie der algebraischen Gleichungen, 2; Mechanik, 5, Übungen, 1 *g*. — **Bruns**: Fehlertheorie und Ausgleichungsrechnung, 1; Praktische Analysis, mit Übungen, 1; Praktische Arbeiten in der Sternwarte, nach Verabredung, *g*. — **Rohn**: Differentialgeometrie, 4, Übungen, 1 *g*; Projektive Geometrie, 2. — **Herglotz**: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Ausgewählte Kapitel der Funktionentheorie, 2. — **Blaschke**: Differential- und Integralrechnung, mit Übungen, 6; Ausgewählte Gegenstände der höheren Geometrie, 2. —

Universität Marburg.

Richarz: Experimentalphysik II: Wärme, Magnetismus, Elektrizität, 5; Übersicht über die Physik, als Wiederholung für Kriegsteilnehmer in höheren Semestern, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisches Praktikum (mit Feußner und Schulze), 6; Leitung eigener Untersuchungen, tägl. — **Feußner**: Theoretische Physik: Wärme, 4; Theoretisch-physikalisches Seminar, 2 *g*. — **Schulze**: Elektronentheorie, 2; Übersicht über die theoretische Physik als Wiederholung für Kriegsteilnehmer, 1 *g*. — **Take**: Drahtlose Telegraphie und Telephonie mit Experimenten und Demonstrationen auf der Radiostation, 2; Repetitorium der Experimentalphysik mit elementarmathematischen Übungen I, 1. — **Wegener**: Optische Erscheinungen der Atmosphäre, 1. —

v. Auwers: Organische Experimentalchemie, für Chemiker und Mediziner, 5; Chemisches Praktikum (mit Fries), tägl. außer Sonnabend, für Vorgerückte, tägl.; Chemische Übungen für Mediziner (mit Strecker), ganz- oder halbtägig; Praktisch-chemischer Kursus für Mediziner (mit Strecker), $1/_2$, Theoretische Einführung, mit Demonstrationen: Praktikum, $3\,1/_2$; Chemisches Seminar, im Anschluß an die wissenschaftlichen Arbeiten im Institut, 14tägig, 2 *g*. — **Keller**: Organische Chemie, mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie und Medizin, 6; Nahrungsmittelchemie II: Einzelbesprechung wichtiger Nahrungs- und Genußmittel, 2; Übungen über Keimfreimachung von Arznei- und Verbandmitteln, 2; Besprechungen und Übungen über Prüfung von Arzneimitteln, 1 *g*. — **Strecker**: Qualitative Analyse, 2; Konstitution anorganischer Verbindungen, 1; Repetitorium der anorganischen Chemie, 2. — **Fries**: Ausgewählte Kapitel aus der anorganischen Chemie, 3; Chemie der Terpene, 1; Chemisches Kolloquium, 2 *g*; Chemisches Repetitorium für Mediziner: Anorganische Chemie, 1. — **N.N.**: Kolloidchemie, 1; Chemische Technologie, mit Demonstrationen und Exkursionen, 2; Gasanalytisches Praktikum, 3. — **Schmidt**: Praktische Übungen in der analytischen und forensischen Chemie, sowie in der Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel und selbständige Arbeiten (mit Keller), tägl., im Anschluß: Qualitative Analyse. — **Thiel**: Physikalische Chemie II, 3; Theoretische Übungen über ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1 *g*; Physikalisch-chemisches Praktikum, 6; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen, tägl.; Photochemisches und photographisches Praktikum, für Anfänger und Fortgeschrittene (mit Stuchtey), 2 *g*. —

Hensel: Analytische Geometrie des Raumes, 3; Über die Axiome der Geometrie, 1; Höhere Funktionentheorie, 3; Mathematisches Seminar: Übungen über ausgewählte Kapitel der Funktionentheorie, 1 *g*. — **v. Dalwigk**: Integralrechnung, 4; Darstellende Geometrie II, mit Übungen, 2. — **Neumann**: Variationsrechnung, 4; Theorie der Kurven und Flächen, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. —

Universität München.

Röntgen: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Optik, 5; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Praktische Übungen im Physikalischen Laboratorium (mit Koch und Wagner), 4. — **Sommerfeld**: Mechanik, 4, Seminarübungen, 2 *g*; Quantentheorie, für Vorgeschrittenere, 1 *g*; Neuere experimentelle und theoretische Fortschritte in der Atomistik und Elektronik (populär, ohne mathematische Entwickelungen), 1. — **Graetz**: Experimentalphysik I: Einleitung, Wärme, Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum: a) Übungen in physikalischen Messungen, b) Übungen in physikalischen Demonstrationen, 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten aus der Physik, nach Verabredung *g*. — **Koch**: Photographie als Hilfsmittel der physikalischen Forschung, mit Demonstrationen, 1. — **Wagner**: Über die Methoden zur Bestimmung der Molekülдimensionen, 1. — **Donle**: Einführung in die elektromagnetische Theorie des Lichtes, 2. — **Schmauß**: Allgemeine Meteorologie und Klimatologie, 4. —

Willstätter: Unorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Arbeiten im Chemischen Laboratorium (Unorganische Abteilungen (mit Prandtl und Vanino), tägl. außer Sonnabend, Organische Abteilung (mit Wieland und Dieckmann), tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Vanino), 4; Arbeiten im Chemischen Laboratorium für fortgeschrittenere Mediziner (mit Wieland), halb- oder ganztägig. — **Paul**: Organische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 5; Nahrungsmittelchemie I, mit Exkursionen, $1\,1/_2$; Pharmazeutisch-chemische Präparatenkunde: Anorganische Präparate, $2\,1/_4$; Chemisches Praktikum: Praktische Übungen, einschließlich physikalisch-chemischer, elektrochemischer und nahrungsmittel-chemischer Arbeiten, mit serologisch-chemischen Übungen, im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. außer Sonnabend; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum: Praktische Übungen, einschließlich der Übungen in den für den Apotheker wichtigen Sterilisationsverfahren, tägl. außer Sonnabend; Übungen für praktische Apotheker, nach Verabredung. — **Prandtl**: Spezielle unorganische

Experimentalchemie II: 4. bis 8. Gruppe des periodischen Systems, 3; Praktikum für Gasanalyse, 4. — **Wieland**: Spezielle organische Chemie I: Fettreihe, 3. — **Dieckmann**: Chemie der Alkaloide, 1 *g.* — **Pummerer**: Anorganisch-chemische Technologie, ohne Schwermetalle, mit Exkursionen, 2. — **Meyer**: Elektrochemie, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum, 4. — **Kalb**: Kolloquium über organische Chemie, 1. —

Lindemann: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Differential- und Integralrechnung II, 5; Anwendung der Funktionentheorie auf die Differentialgleichungen, 2; Übungen und Vorträge im Mathematischen Seminar, 1½ *g.* — **v. Seeliger**: Kapitel aus der theoretischen Astronomie, 4; Astronomisches Kolloquium, nach Verabredung *g.* — **Voß**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 2 *g*; Differentialgeometrie der Kurven und Flächen, 4. — **Pringsheim**: Höhere Algebra, 4. — **Brunn**: Elemente der höheren Mathematik und der darstellenden Geometrie, mit Berücksichtigung der Bedürfnisse der Forstkandidaten, 3. — **Hartogs**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 3. — **Großmann**: Sphärische Astronomie, 3. — **Böhm**: Elemente der Versicherungsrechnung, 2; Theorie der Differentialgleichungen, 4; Seminar für Statistik und Versicherungswissenschaft (mit v. Mayr und Zahn). — **Dingler**: Elementarmathematik, mit geschichtlichen und pädagogischen Hinweisen, 4; Einführung in die mathematische Behandlung von Beobachtungsdaten, 2. — **Rosenthal**: Synthetische Geometrie I, 4, Übungen, 1; Seminar: Übungen über ausgewählte Fragen der höheren Mathematik, 2. —

Technische Hochschule München.

Zenneck: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, Optik, 6; Physikalisches Praktikum, 4 oder 8; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der Physik, 12—30. — **Fischer**: Grundzüge der Physik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 3; Apparate und Methoden des physikalischen Unterrichts I: Mechanik, Akustik, Wärme, 3; Praktisch-physikalische Übungen: Aufbau und Handhabung von Apparaten, 4; Elektrizität und Magnetismus in mathematischer Behandlung, 4; Einführung in die wissenschaftlichen Arbeitsmethoden der Physik, 8—30; Elemente der theoretischen Physik: Mechanik, Elastizität und Wärmelehre, 4; Interferenz- und Beugungserscheinungen, experimentell und theoretisch behandelt, 1. — **Knoblauch**: Anwendungen der Thermodynamik auf physikalisch-chemische Erscheinungen, 2; Technisch-physikalisches Praktikum, 4; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Physik, nach Verabredung. — **Emden**: Methoden und Ergebnisse der Erforschung des Erdinnern, 2; Meteorologie und Klimatologie, 2. — **Dieckmann**: Ausgewählte Kapitel der Telegraphen- und Fernsprechtechnik, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen aus dem Gebiete der angewandten Physik, nach Verabredung. — **von und zu Aufseß**: Populäre Astrophysik I, 2. — **Schröter**: Mechanische Wärmetheorie, 2, Übungen, 1. — **Urban**: Unterrichtskurse in praktischer Photographie, 1, Praktische Übungen, 3. — **Heinke**: Einführung in die Elektrotechnik, 2; Elektrotechnisches Praktikum I: Meßtechnik und Photometrie, 8, für Vorgeschrittene, nach Verabredung. — **N. N.**: Schwachstromtechnik: Telegraphie, Telephonie und drahtlose Telegraphie, 2. — **Ossanna**: Elektrotechnisches Praktikum II: Messungen an Maschinen, Umformern und Transformatoren, 8 und 2; Theorie und Konstruktion der elektrischen Maschinen I: Gleichstrommaschinen und Umformer, 3, II: Synchrongeneratoren und Synchronmotoren, 3; Wechselstrom-Kommutatormotoren, 2; Entwerfen von elektrischen Maschinen, 4. — **Kadrnozka**: Elektrische Anlagen I: Verwertung elektrischer Arbeit: a) Elektrische Kraftbetriebe, 2, b) Elektrische Bahnen, 3, II: Erzeugung und Verteilung elektrischer Arbeit, 2, Übungen: Entwerfen elektrischer Anlagen, 4. —

Manchot: Unorganische Experimentalchemie einschließlich der Grundzüge der physikalischen Chemie, 6; Unorganisches und analytisch-chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgerücktere, 10, 20 oder 30; Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten im unorganischen Laboratorium, nach Verabredung. — **Lipp**: Chemie der aromatischen Verbindungen, 2; Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium, 20—30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie, 30. — **Albert**: Chemische Technologie der Fette und Öle, 1; Die Herstellung neuerer Arzneimittel, 1. — **Rohde**: Die Hauptgruppen der heterozyklischen Verbindungen unter Berücksichtigung der wichtigsten zugehörigen Alkaloide, 3. — **Hofer**: Analytische Chemie der Metalle und Metalloide nebst Gewichts- und Maßanalyse II, 2; Theoretische Elektrochemie, 2; Praktikum im elektrochemischen Laboratorium, 10, 20 oder 30. — **Schultz**: Chemische Technologie II, 3; Praktikum im chemisch-technischen Laboratorium, 20—30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Chemie, nach Verabredung; Chemisch-technische Übungen: Chemisch-technische Analyse, Färberei, 4. — **Jacob**: Chemisch-technische Prüfungsmethoden, 1. — **Braß**: Textilfaserstoffe und ihre Veredlung, 1. — **Lintner**: Chemische Technologie des Wassers und der Kohlehydrate, 3; Gärungschemisches Praktikum nebst Übungen in der Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, bis 30; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im gärungs-chemischen Laboratorium, bis 30. —

v. Dyck: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 3; Funktionentheorie nach Riemann, 5; Mathematisches Seminar (Kolloquium) (mit Finsterwalder, Faber und Liebmann), 2. — **Faber**: Höhere Mathematik III, 5, Übungen, 2; Theorie und Anwendungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2. — **Doehlemann**: Grundzüge der höheren Mathematik I, 4; Darstellende Geometrie I, mit Schattenkonstruktionslehre, 5, Übungen, 6; Synthetische (neuere) Geometrie, 4, Übungen: Kegelschnitte, 1. — **Liebmann**: Ebene und sphärische Trigonometrie, 3, Übungen, 1; Elementare Mathematik, für Fortgeschrittene, 3; Integralgleichungen, 2. — **Finsterwalder**: Differentialgeometrie, mit Vektoren, 3; Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4. — **Lagally**: Algebraische Kurven, 4. — **Burmester**: Täuschungsarten und Kinematographie, mit Demonstrationen, 1. — **Schmidt**: Vermessungskunde I, 4, Praktikum I, 2 und 4; Landesvermessung, 4; Katastertechnik mit besonderer Berücksichtigung der Entwicklungsgeschichte und derzeitigen Gestaltung des bayerischen Katasters I, 3, Praktikum III: Meßübungen, 4, Rechenübungen, 4; Kartierungsübungen, 4. — **Bischoff**: Graphisches und mechanisches Rechnen: Rechenschieber, Rechenmaschinen, Planimeter usw., 1; Ausgleichungsmethoden der Bayer. Katasterverwaltung, 1. — **Schlötzer**: Anleitung zur rechnerischen Ausarbeitung geodätischer Aufnahmen, 2. — **Föppl**: Technische Mechanik einschließlich der Elemente der graphischen Statik und der analytischen Mechanik II; Graphische Statik, 3, Übungen, 2, III: Festigkeitslehre, 4. —

Universität Münster.

Schmidt: Experimentalphysik: Elektrizität und Optik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 3 und 6, für Fortgeschrittene (mit Konen), tägl.; Physikalisches Seminar, 14tägig (mit Konen), 2 *g.* — **Konen**: Theorie der Wärme, 4, Übungen, 1 *g*; Physikalische Mechanik, 2. —

Schenck: Organische Experimentalchemie, 3; Die Lehre von den chemischen Gleichgewichten, 2; Chemisches Praktikum (mit Ley), ganz- und halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Chemische Übungen für Mediziner (mit Kaßner und Ley), 4; Chemisches Kolloquium (mit Ley), nach Verabredung. — **Salkowski**: Über die Alkaloide, 2 *g.* — **Kaßner**: Anorganische Chemie, mit besonderer Berücksichtigung der Medizin und Pharmazie, 4; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie, mit besonderer Berücksichtigung der Elektrochemie, 1; Kolloquium über pharmazeutische Präparate und die Gegenstände des deutschen Arzneibuchs, 1; Pharmazeutisch-

chemische, maßanalytische und toxikologische Übungen im Laboratorium, Darstellung chemischer Präparate, für Vorgerücktere: Anleitung zur Bearbeitung wissenschaftlicher oder technischer Aufgaben, tägl. außer Sonnabend; Maßanalyse, 1 *g*. — **Ley**: Physikalische Chemie I, 3. — **Ott**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen, 1; Synthetische Methoden der organischen Chemie, 1. — **Bömer**: Analyse der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Chemie und Technologie der Gärungsgewerbe, 1 *g*; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der angewandten Chemie, für Fortgeschrittene (mit König), tägl. —

Killing: Ausgewählte Kapitel der Elementarmathematik, 2; Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 1 *g*; Determinanten und niedere Algebra, 2; Übungen des mathematischen Unterseminars, 2 *g*. — **v. Lilienthal**: Differentialgeometrie, 4; Analytische Geometrie II, 4; Übungen des mathematischen Oberseminars, 2 *g*. — **Schewior**: Methoden der darstellenden Geometrie, 3, Übungen, 2 *g*; Theorie der Beobachtungsfehler und Ausgleichungsrechnung, 2, Übungen, 1 *g*; Grundlagen der Landesaufnahme mit Einschluß der Arbeiten in den Kolonien, 1. — **Plaßmann**: Die Fixsterne, 2 *g*; Interpolationsrechnung, 1; Sphärische Trigonometrie und sphärische Astronomie, 2; Übungen im Beobachten und Rechnen, nach Verabredung *g*. —

Universität Prag.

Lampa: Experimentalphysik I, 5, Physikalisches Praktikum I, 6 bzw. 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, für Vorgeschrittene, tägl. *g*; Ernst Mach, 1 *g*. — **Frank**: Analytische Mechanik, 3; Theorie der Elektrizität, 2; Seminar für theoretische Physik: Untere Abteilung: Theorie der Luftschiffahrt, 1 *g*, Obere Abteilung: Theorie der Gravitation, 2 *g*. —

Meyer: Anorganische Chemie, für Philosophen, Mediziner und Pharmazeuten, 5; Chemische Übungen, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, halbtägig; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, für Vorgeschrittene, tägl. *g*; Übungen in der Ausführung von Vorlesungsexperimenten, für Lehramtskandidaten, 2. — **Rothmund**: Physikalische Chemie I, 4, Mathematische Ergänzungen, 1; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. außer Sonnabend. — **Wagner**: Einführung in die Kolloidchemie, 1. — **Kirpal**: Pharmazeutische Chemie, 4. — **Hönigschmid**: Analytische Chemie, 3. — **Herzog**: Ausgewählte Kapitel der Biochemie, nach Verabredung. — **Sigmund**: Biochemie der Alkaloide und Glukoside, 1. — **Fortner**: Chemie der Nahrungsmittel mit praktischen Übungen in der Untersuchung, 3. —

Pick: Differentialgleichungen, 3; Quadratische Differentialformen, 2; Mathematisches Seminar: Übungen, 2 *g*. — **Kowalewski**: Theorie der analytischen Funktionen, 4, Ergänzungen: Mengenlehre, reelle Funktionen usw., 1; Übungen, 1. — **Funk**: Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, insbesondere für Chemiker und Naturhistoriker, 3; Ausgewählte Kapitel aus der Geschichte der Mathematik, 2. — **Scheller**: Grundzüge der Astrophysik II, 2. — **Spitaler**: Allgemeine Meteorologie, 4, Praktikum, 1. —

Technische Hochschule Prag.

Tuma: Experimentalphysik: Metrologie, Fundamentalsätze der Mechanik, Mechanik physikalischer Körper, Hydrostatik und Hydrodynamik; Aerostatik und Aerodynamik, Wellenlehre, Akustik, Optik, Wärmelehre, Molekulartheorie, 5, für Kulturingenieure und Geodäten, 3; Physikalisches Praktikum, 6. — **N. N.**: Allgemeine Elektrotechnik, 3; Ausgewählte Kapitel der Wechselstrom-Elektrotechnik, 2. —

Hönigschmid: Anorganische Chemie, 4; Analytische Chemie, anorganisch-qualitativ, 2; Übungen im anorganisch-chemischen und analytischen Laboratorium I und II, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen für Geübtere, tägl. außer Sonnabend. — **Wenzel**: Organische Chemie: Spezielle Chemie der aromatischen Verbindungen, 2; Analytische Methoden der organischen Chemie, 1; Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie, 2; Übungen im organisch-chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen für Vorgeschrittene, tägl. — **Storch**: Chemie der Metalle und technischen Metallgewinnung: II. und III. Gruppe des periodischen Systems, 2; Die wissenschaftlichen Grundlagen der Maßanalyse, 1; Physikalische Chemie I: Chemische Statik und Dynamik, 2, IV: Elektrochemie, 3; Kleines physikalisch-chemisches Praktikum, zugleich Physikalische Methoden der Untersuchung von Nahrungsmitteln, 1, Übungen, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen, 15. — **Ditz**: Chemische Technologie anorganischer Stoffe I: Chemische Großindustrie, 6; Übungen im anorganisch-technologischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend. — **v. Georgievics**: Chemische Technologie organischer Stoffe I, 5; Übungen im organisch-technologischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend. — **v. Gintl**: Enzyklopädie der technischen Chemie, 2; Chemie der Nahrungs- und Genußmittel und Untersuchung von Rohstoffen und Gebrauchsgegenständen, 3; Chemie der Nahrungs- und Genußmittel und Untersuchung von Rohstoffen und Gebrauchsgegenständen, Übungen, 8; Methoden der quantitativen Mineralanalyse, 2; Praktische Metallographie, 2, Übungen, 1 Nachmittag. — **Auerwinkler**: Photographie, 1, Übungen, 4, Photographisches Laboratorium, 4. — **Herzog**: Agrikulturchemie, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen für Vorgeschrittene, tägl. — **Siegmund**: Biochemie der Alkaloide, Glukoside und Gerbstoffe, 1; Ausgewählte Kapitel der Chemie für Kulturingenieure, 2. —

Carda: Mathematik I, 6, Übungen, 2; Elemente der höheren Mathematik, 6, Übungen, 1; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2; Ausgewählte Kapitel der Differential- und Integralrechnung, Funktionen einer komplexen Variabeln, 2. — **N. N.**: Mathematik II, 6, Übungen, 2, für Handelslehrkandidaten, 3; Ausgewählte Kapitel der höheren Mathematik, 2. — **Rosmanith**: Versicherungsmathematik I, 4, IIa, 2, IIb, 2; Politische Arithmetik, 2. — **Mack**: Darstellende Geometrie, 4, Konstruktive Übungen, 6, Übungen für Vorgeschrittene, 6; Geometrie der Lage, 3. — **Grünwald**: Ausgewählte Abschnitte aus der Bewegungslehre starrer Körper, 2. — **Pöschl**: Allgemeine Mechanik, 3, Übungen, 1, Graphische Übungen, 2; Besondere Probleme aus dem Gesamtgebiete der Mechanik, 2. — **Geßner**: Enzyklopädie der Mechanik, 3. — **Haerpfer**: Elemente der niederen Geodäsie, 3, Übungen, 2; Theorie der Kartenprojektionen, 1. — **Adamczik**: Niedere Geodäsie, $4^1/_2$, Übungen, 2; Höhere Geodäsie, 3, Übungen, 2; Geodätisches Rechnen I, 2, II, 2. —

Universität Rostock.

Heydweiller: Experimentalphysik: Optik, Magnetismus, Elektrizität, 5; Physikalische Übungen: a) für Mathematiker und Naturwissenschaftler, 8, b) für Mediziner und Pharmazeuten, 4; Wissenschaftlich-physikalische Arbeiten, tägl.; Physikalisches Seminar (mit Weber), 1. — **Weber**: Einführung in die theoretische Physik, 3, Übungen, 1; Elektrizität und Magnetismus, 2. —

Pfeiffer: Spezielle Kapitel aus der anorganischen Chemie, 2; Kolloidchemie, 1. — **Stoermer**: Organische Chemie, 5; Übungen in der organischen Abteilung: a) Großes chemisches Praktikum, tägl., b) Wissenschaftliche Arbeiten, tägl.; Gerichtlich-toxikologische Chemie, 2; Übungen für Mediziner, 4. — **Honcamp**: Agrikulturchemie II: Tierernährung, 2; Agrikulturchemisches Praktikum, tägl. — **Kümmell**: Chemische Verwandtschaftslehre: Chemische Statik und Kinetik, Thermochemie, Photochemie, 3. —

Staude: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Algebra, 4; Mathematisches Seminar, 2. —

Universität Straßburg.

Braun: Experimentalphysik II: Wärme, Akustik, Elektrizität, 5; Physikalische Übungen, 13, Übersichtskursus für Mediziner, 3; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, tägl. außer Sonnabend. — **Cohn**: Theorie des Lichtes, 3; Ausgewählte Kapitel der Mechanik, 1; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten. — **Rohmann**: Technische Anwendungen der Elektrizität (experimentell), 2. — **Hecker**: Ausgewählte Kapitel aus der Physik des Erdkörpers, 1. —

Thiele: Allgemeine Experimentalchemie, anorganischer Teil, 5; Kolloquium über allgemeine Chemie für Anfänger, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene (mit Wedekind und Straus), tägl. außer Sonnabend. — **Rose**: Chemische Technologie der Metalloide, 3; Die Untersuchung und Reinigung des Wassers, 1 *g*. — **Wedekind**: Analytische Chemie I, 3; Physikochemisches Praktikum, 4. — **Straus**: Organische Reaktionen in ihrem Zusammenhang, 4. — **Kreutz**: Zuckerindustrie und Bierbrauerei, 1. — **Ruggli**: Synthesen der organischen Chemie II, 1. — **Weitz**: Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1. —

Schur: Projektive Geometrie, 4; Vektoranalysis, 1; Übungen des mathematischen Seminars, 1 ½. — **Wellstein**: Die partiellen Differentialgleichungen der mathematischen Physik, 4. — **Epstein**: Funktionentheorie, 3. — **Speiser**: Differential- und Integralrechnung, 4. — **Bauschinger**: Bahnbestimmung der Himmelskörper, 4; Übungen in der Sternwarte, nach Verabredung. — **Wirtz**: Geschichte der griechischen Astronomie, 1. —

Technische Hochschule Stuttgart.

v. Koch: Experimentalphysik, 4; Theoretische Physik (als Einleitung: Mathematische Ergänzung zur Experimentalphysik), 2; Physikalisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu physikalisch-wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Handfertigkeitspraktikum in Physik, 2—3; Physikalisches Kolloquium, 2; Meteorologie, 1. — **Veesenmeyer**: Grundlagen der Elektrotechnik: Konstruktionen und Anlagen, 2, Übungen, 1; Elektrotechnische Konstruktionselemente, 1; Dynamobau I, a) Seminar, 1, b) Übungen (mit Brandegger), 6, II, 2; Elektrotechnische Maschinenkonstruktionen (mit Brandegger), 8; Elektrische Kraftwerke und Antriebe, 2; Projektieren elektrischer Anlagen (mit Brandegger), 4; Übungen in elektrotechnischen Konstruktionen und Anlagen für Maschineningenieure (mit Brandegger), 4. — **Emde**: Grundlagen der Elektrotechnik; Beschreibung des elektromagnetischen Feldes, 2, Übungen, 1; Wechselstromtechnik I, 2, Übungen, 8, II, 2, Übungen, 4. — **Herrmann**: Elektrische Meßinstrumente und Meßmethoden I, 1, Übungen, 8, II, 1, Übungen, 4; Schwachstromtechnik I, 2, Übungen, 4; Übungen in drahtloser Telegraphie, 4; Grundzüge der Elektrotechnik, 2. —

Gutbier: Anorganische Experimentalchemie, 4; Übungen im Laboratorium für anorganische Chemie und anorganisch-chemische Technologie (mit Schmidt), tägl. außer Sonnabend. — **Küster**: Technische Chemie II: Organisch-chemische Großindustrie, 2; Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 2; Chemie der Nahrungsmittel, Genußmittel und Gebrauchsgegenstände, 2; Übungen im Laboratorium für organische Chemie, organisch-chemische Technologie und Pharmazie, tägl. außer Sonnabend. — **Grube**: Elektrochemie, 3; Übungen im Laboratorium für Physikalische und Elektrochemie (mit Krauß), tägl. außer Sonnabend. — **Kauffmann**: Radioaktivität und Elektronik, 1; Farbenchemie, 2. — **Schmidt**: Analytische Chemie, 2; Einführung in die Stöchiometrie, 1; Chemisches Seminar, 2. — **Bauer**: Stereochemie, 1; Die chemische Untersuchung des Harns, mit Übungen, 2; Spezielle organische Chemie, 2. —

Haller: Ebene und sphärische Trigonometrie, 2, Übungen, 2. — **Stübler**: Niedere Analysis, 4; Elemente der Differential- und Integralrechnung, 3, Übungen, 1. — **Kutta**: Höhere Mathematik II, 5, Übungen, 3, IV, 1, Übungen, 1; Mathematisches Seminar, 2. — **Wölffing**: Funktionentheorie, 3; Variationsrechnung, 1 *g*. — **Mehmke**: Darstellende Geometrie, 3, Übungen (mit Stübler), 4; Graphisches Rechnen, 1, Übungen (mit Stübler), 2; Analytische Mechanik, 3, Übungen, 1; Mathematisches Seminar, 1. — **Kommerell**: Grundlagen der Geometrie, 2. — **Roth**: Schattenkonstruktionen und Beleuchtungskunde, Übungen, 4. — **Kriemler**: Technische Mechanik, 6, Übungen, 2; Graphische Dynamik, Übungen 1. — **Heer**: Plan- und Geländezeichnen, 4; Geodätische Übungen, 4. — **v. Hammer**: Ausarbeitung geodätischer Aufnahmen, 2; Praktische Geometrie I: Vermessungskunde, 3, Übungen, 4 u. 2; Ausgleichungsrechnung: Methode der kleinsten Quadrate, 2; Direkte Zeit- und geographische Ortsbestimmung, 2. —

Universität Tübingen.

Paschen: Experimentalphysik: Akustik, Wärme, Magnetismus, Elektrizität, 5; Physikalische Übungen für Anfänger, 4, für Fortgeschrittene, halbtägig; Selbständige wissenschaftliche Untersuchungen, ganztägig. — **Rosenberg**: Populäre Astronomie, 2 *g*. —

Wislicenus: Allgemeine Chemie I: Anorganische Chemie, 5, Ergänzungen, 1; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium für Anfänger und Fortgeschrittene, tägl.: Voll- und Halbpraktikum, Abgekürztes Praktikum für Mathematiker und Forststudierende, 12: a) Analytisch-chemisches Praktikum (mit Bülow und Weinland), b) Chemisch-pharmazeutisches Praktikum (mit Weinland), c) Organisch-präparative Arbeiten (mit Kliegl), d) Physikalisch-chemische Übungen (mit Magnus), e) Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Untersuchungen (mit Bülow, Weinland, Kliegl, Magnus, auf dem Gebiete der physikalischen Chemie). — **Thierfelder**: Organische Chemie für Mediziner, 4; Praktisch-chemische Übungen für Anfänger I: Qualitative Analyse, 6, II: Quantitative Analyse und physiologisch-chemische Übungen, 6; Physiologisch-chemische Arbeiten für Geübtere, tägl. — **Bülow**: Analytische Chemie I, mit besonderer Berücksichtigung der praktischen Arbeiten im Chemischen Laboratorium, 3; Aromatische Chemie, 3. — **Weinland**: Chemie der Arzneistoffe I: anorganischer Teil, 2; Maßanalyse, 1; Chemie der Nahrungsmittel, 1; Nachweis von Giften für gerichtliche Zwecke, 1. — **Kliegl**: Salpetersäure und Sprengstoffe, 1. — **Magnus**: Präparative Elektrochemie, 1. — **Brigl**: Chemie der Blut- und Pflanzenfarbstoffe, 1. — **Krais**: Die Großhandelswaren, 2. —

v. Brill: Einführung in die höhere Mathematik, 4; Mechanik nicht starrer Systeme, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Maurer**: Niedere Analysis, 4; Elliptische Funktionen, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **König**: Höhere Analysis I, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Happel**: Prinzipien und Differentialgleichungen der Mechanik, 2. —

Universität Würzburg.

Wien: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, Magnetismus, Elektrostatik, 5; Praktische Übungen, 4 und 8; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Praktische Übungen für Pharmazeuten, Mediziner und Zahnärzte, 4. —

Buchner: Experimentalchemie I: Unorganische Chemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Emmert), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner und Zahnärzte (mit Emmert), 6; Vollpraktikum für präparative Arbeiten, tägl.; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen (mit Emmert und v. Halban), tägl.; Kolloquium (mit Emmert und v. Halban), 14tägig, 1 ½ *g*. — **Heiduschka**: Chemische Technologie II, 4; Pharmazeutische Präparatenkunde I: Anorganische und galenische Präparate, 3; Nahrungsmittelchemie II, mit Exkursionen, 2; Gerichtliche Chemie I: Toxikologische

Chemie, 2; Harnanalyse, 1; Chemisches Praktikum: Praktische Übungen in allen Richtungen der angewandten Chemie, einschließlich technisch-chemischer, gerichtlich-chemischer und nahrungsmittelchemischer Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum: Praktische Übungen einschließlich der Übungen in den für den Apotheker wichtigen Sterilisationsverfahren, tägl. außer Sonnabend. — **Pauly**: Benzolchemie, 2; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen tägl. — **Emmert**: Analytische Chemie (Experimentalvorlesung zur Ergänzung des analytisch-chemischen Praktikums), 3. —

Rost: Theorie der gewöhnlichen Differentialgleichungen, 4, Übungen, 1 *g*; Raumkurven und krumme Oberflächen: Differentialgeometrie, 4, Übungen, 1 *g*. — **v. Weber**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4 *g*. — **Hilb**: Determinanten, 4. —

Universität Zürich.

Meyer: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, 5, Mathematische Ergänzungen, 1 *g*; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4, für Vorgerückte, tägl. außer Sonnabend; Leitung selbständiger physikalischer Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Greinacher**: Kathoden-, Röntgen-, Anoden- und Kanalstrahlen, mit Experimenten, 1; Radiologisches Praktikum für Naturwissenschaftler und Mediziner, $1/2$ Tag. — **Ratnowsky**: Allgemeine Thermodynamik, 3, Übungen, 1; Statische Mechanik und Quantentheorie, 2. — **Wolfke**: Das Relativitätsprinzip, 2; Über den inneren Bau der Atome, 1. —

Werner: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemisch-analytisches Praktikum für Chemiker, tägl.; Chemisches Praktikum für Vorgerückte: Präparative Arbeiten, Ausführung selbständiger Arbeiten, tägl.; Chemisches Halbpraktikum für Naturwissenschaftler, halbtägig. — **Abeljanz**: Qualitative chemische Analyse, 2; Anleitung zu chemischen Arbeiten, für Mediziner, 1; Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 1; Chemisches Kolloquium, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Mediziner und Veterinäre, sowie für Naturwissenschaftler, 3 Tage, für Sek.-Lehramtskandidaten, 6; Übungen im Untersuchen von Nahrungs- und Genußmitteln, 4 oder 8. — **N. N.**: Aromatische Chemie I, 3; Stereochemie, 2; Theorie der Lösungen, 1. — **Reichinstein**: Chemische Kinetik, 1; Photochemie, 1. — **Dubsky**: Valenzlehre, 1. — **Lifschitz**: Konstitutionsbestimmung auf physikalisch-chemischem Wege, 2; Molekulare Umlagerungen, 1. —

Fueter: Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 4; Differentialgleichungen, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Brandenberger**: Analytische Geometrie, mit Übungen, I, 4. — **Bützberger**: Darstellende Geometrie, mit Übungen, I, 4. — **Bernays**: Potentialtheorie, 3; Differentialgleichungen: Elementare Lösungsmethoden in Übungen, 3. — **Wolfer**: Einleitung in die Astronomie, 3, Übungen, 2; Bahnbestimmung von Planeten und Kometen, 2. —

Technische Hochschule Zürich.

Weiß: Physik, 4, Repetitorium, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Schweitzer), 4 und 8; Wissenschaftliche Arbeiten im physikalischen Institut, 8, 12, 24. — **Schweitzer**: Physik I, 3, Repetitorium, 1; Optik, 2; Experimentalphysik II, 4, Repetitorium, 1. — **Wolfke**: Das Relativitätsprinzip, 2; Über den inneren Bau der Atome, 1. — **Piccard**: Physikalische Meßmethoden, 1 *g*. — **de Quervain**: Einführung in die Wetterkunde und Prognose, 1. — **Barbieri**: Photographie I, 2 *g*; Photographisches Praktikum, 2; Militärphotographische Übungen, 14tägig, 3. — **Kuhlmann**: Theoretische Elektrotechnik II, 4, Repetitorium, 1, III, 4, Repetitorium, 1, IV, 1; Elektrotechnisches Laboratorium Ia, 8, IIb, 4, 8 und 11; Elektrotechnische Konstruktionsübungen: Wechselstrom, 6. — **Tobler**: Elektrische Signalapparate für Eisenbahnen, 2; Schwachstromtechnik I, 1. — **Farny**: Elektrische Maschinen I: Gleichstrom, 3 *g*, Repetitorium, 1; Wechselstrom-Kommutatormotoren, 1 *g*. — **Korda**: Angewandte drahtlose Telegraphie und Hochfrequenzmaschinen, 1; Die Elektrizität im Kriege, 1. — **Wyßling**: Elektrische Anlagen I, 3, Übungen, 3. —

Winterstein: Anorganische Chemie, 4, Repetitorium, 1; Chemie der Alkaloide und ihre Wirkungen, 2; Agrikulturchemisches Praktikum, 3, 16, für Vorgerückte, tägl.; Anleitung zu den Übungen, 1; Physiologisch-chemisches Praktikum für Vorgerückte, tägl. — **Treadwell**: Analytische Chemie I, 2, Repetitorium, 1; Gasanalyse, mit Übungen, 1; Chemie, 2, Repetitorium, 1; Analytisches Praktikum, 20, 16 und 10, für Vorgerückte, tägl.; Chemisches Praktikum: Diplomarbeiten, 24. — **Baur**: Physikalische Chemie II, 2, Repetitorium, 1; Allgemeine Elektrochemie, 2, Repetitorium, 1; Physikalisch-chemisches Praktikum, 8; Elektrochemisches Praktikum, 4, für Elektrochemiker, 8; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium für Vorgerückte, tägl. — **Bosshard**: Anorganische chemische Technologie I: Wasser, Salze, Säuren, 4, Repetitorium, 1; Chemische Technologie der Wärme und der Brennstoffe, 2, Repetitorium, 1; Metallurgie, 2, Repetitorium, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16, 24, für Vorgerückte, tägl. — **Cérésole**: Organische Technologie I: Bleicherei, Färberei, Farbstoffe, 4, Repetitorium, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24; Chemisches Laboratorium für Vorgerückte, tägl.; Farbenchemisches Praktikum für Vorgerückte, tägl. — **Constam**: Untersuchung und Bewertung der Brennstoffe, 1. — **Eder**: Pharmazeutische Chemie I, 3 *g*; Synthetische Arzneimittel, 1. — **Hartwich**: Pharmakognosie I, 2; Pharmazeutische Chemie I, 3; Lebensmittelanalyse, mit Übungen, 4; Technische Mikroskopierübungen I: Fasern und Stärke, 3; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, 12; Mikroskopische Untersuchung pharmazeutischer Drogen, 3; Pharmakognostische Übungen für Vorgerückte, tägl. — **Frl. Hezner**: Chemische Petrographie der Sedimente, 1. — **Ott**: Die Leuchtgasindustrie, 1 *g*. — **Staudinger**: Anorganische Chemie, 6, Repetitorium, 1; Organische Chemie: Spezieller Teil I, 2, Repetitorium, 1; Chemisches Praktikum, 24, 10, 16 und tägl. —

Hurwitz: Funktionentheorie, 4; Mathematisches Seminar (mit Großmann), 2. — **Großmann**: Darstellende Geometrie, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 4; Projektive Geometrie, 4. — **Amberg**: Mathematik der Pensionsversicherungen, 2 *g*. — **Baeschlin**: Vermessungskunde II, 4, Repetitorium, 1; Ausgewählte Kapitel aus der Vermessungskunde, 3, Übungen, 2, Repetitorium, 1; Geodätisches Praktikum, 2; Höhere Geodäsie, 3, Repetitorium, 1; Diplomarbeiten. — **Beyel**: Rechenschieber mit Übungen, 1; Darstellende Geometrie, 2; Projektive Geometrie, 1. — **Brandenberger**: Einführung in den mathematischen Unterricht I, 2 *g*. — **Burger**: Graphische Vervielfältigung, 2 *g*. — **Franel**: Höhere Mathematik I, 6, Repetitorium, 1, Übungen, 2, III, 3, Übungen, 1. — **Hirsch**: Höhere Mathematik I, 6, Repetitorium, 1, Übungen, 2, III, 3, Übungen, 1. — **Keller**: Mathematik, 4 *g*; Affinität und Kollineation, 2. — **Kienast**: Potentialtheorie, 3. — **Kollros**: Darstellende Geometrie, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 4. — **Kraft**: Die Grundkräfte der Welt, Geschichtliche Entwicklung ihrer Erkennung, 1; Kinetik veränderlicher Systeme mittelst der geometrischen Analysis, 3; Geometrische Analysis, 3; Vektoranalysis: Elemente, 1. — **Meißner**: Mechanik II, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 2; Technische Elastizitätstheorie, 2. — **Polya**: Analytische Zahlentheorie, 2 *g*. — **Rudio**: Höhere Mathematik, 5, Übungen, 2. — **Weyl**: Analytische Geometrie, 2, Übungen, 1; Mathematische Theorie des elektromagnetischen Feldes, 4. — **Wolfer**: Einleitung in die Astronomie, 3, Übungen, 2; Bahnbestimmung von Planeten und Kometen, 2. —

Für die Schriftleitung verantwortlich Geh. Regierungsrat Prof. Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.